



**PATENT APPLICATION**

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Kaoru MATSUKI et al.

Group Art Unit: Unknown

Application No.: 10/614,203

Examiner: Unknown

Filed: July 8, 2003

Docket No.: 116454

For: SURFACE PROFILE MEASURING INSTRUMENT AND SURFACE PROFILE  
MEASURING METHOD

**CLAIM FOR PRIORITY**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

JP2002-200150, filed July 9, 2002 in Japan

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application:

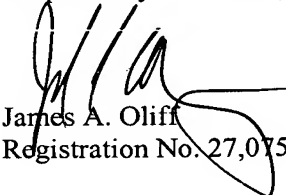
XX is filed herewith.

       was filed on        in Parent Application No.        filed       .

       will be filed at a later date.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,



James A. Oliff  
Registration No. 27,075

Joel S. Armstrong  
Registration No. 36,430

JAO:JSA/jam

Date: August 19, 2003

**OLIFF & BERRIDGE, PLC**  
**P.O. Box 19928**  
**Alexandria, Virginia 22320**  
**Telephone: (703) 836-6400**

**DEPOSIT ACCOUNT USE  
AUTHORIZATION**

Please grant any extension  
necessary for entry;  
Charge any fee due to our  
Deposit Account No. 15-0461

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2002年 7月 9日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2002-200150

[ ST.10/C ]:

[ JP2002-200150 ]

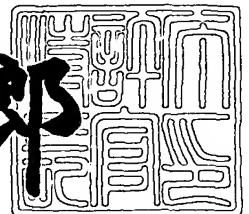
出 願 人  
Applicant(s):

株式会社ミットヨ

2003年 6月30日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3051594

【書類名】 特許願  
【整理番号】 MT-1533  
【提出日】 平成14年 7月 9日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G01B 7/28 101  
G01B 21/20 101

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県つくば市上横場430-1 株式会社ミットヨ内  
【氏名】 松木 薫

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県つくば市上横場430-1 株式会社ミットヨ内  
【氏名】 日高 和彦

【特許出願人】

【識別番号】 000137694  
【氏名又は名称】 株式会社ミットヨ

【代理人】

【識別番号】 100079083  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 木下 實三  
【電話番号】 03(3393)7800

【選任した代理人】

【識別番号】 100094075  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 中山 寛二  
【電話番号】 03(3393)7800

【選任した代理人】

【識別番号】 100106390  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 石崎 剛

【電話番号】 03(3393)7800

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 021924

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 表面形状測定装置および表面形状測定方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被測定物表面を測定する測定部を先端に有するスタイラスおよび前記被測定物表面と前記測定部間の測定状態に依存して応答変化する検出信号を出力する検出手段を有するプローブを用いて前記被測定物表面形状を測定する表面形状測定装置において、

前記測定部を前記被測定物表面に沿って相対移動させる倣い移動手段と、

前記検出信号が予め設定された基準信号値に達した際の前記測定部の位置情報をサンプリングするサンプリング手段と、

前記検出信号が前記基準信号値に達した際に、前記被測定物表面から前記検出信号に応答変化を与える応答変化要因を算出する応答変化要因算出手段と、

前記応答変化要因を用いて前記位置情報を前記被測定物表面の実形状に補正演算する形状演算手段とを備えることを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の表面形状測定装置において、

前記応答変化要因は、前記検出信号が前記基準信号値に達した際の前記被測定物表面の測定部位と前記測定部の標準測定部位との測定部位ずれ量であり、

前記形状演算手段は、前記応答変化要因によって前記位置情報の補正演算量を特定する補正演算量導出手段を備えていることを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の表面形状測定装置において、

前記補正演算量導出手段は、前記補正演算量と前記応答変化要因との関係を記録したテーブルであることを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 4】 請求項 2 に記載の表面形状測定装置において、

前記補正演算量導出手段は、前記応答変化要因から前記補正演算量を算出する補正演算量算出式であることを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 5】 請求項 2 ～ 4 のいずれかに記載の表面形状測定装置において

前記測定部位ずれ量は、前記検出信号が前記基準信号値に達した際の前記測定部の第 1 の位置情報とこの直前に前記検出信号が前記基準位置信号値に達した際

の前記測定部の第 2 の位置情報と結んだ形状ベクトルに基づいて求められることを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 6】 請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の表面形状測定装置において

前記プローブは前記測定部としての接触部を備える接触式プローブであり、  
前記検出手段は、前記接触部を一方向に振動させる加振手段と、  
前記接触部の振動変化を検出する振動検出手段とを備えていることを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 7】 請求項 6 に記載の表面形状測定装置において、

前記応答変化要因は、前記検出信号が前記基準信号値に達した際の前記被測定物表面の測定部位と前記接触部の振動方向とのなす角であり、前記形状演算手段は、前記接触部が前記被測定物表面に接触を開始してから前記検出信号が前記基準信号値に達するまでの前記位置情報の変化量である補正演算量を前記応答変化要因から特定する補正演算量導出手段を備えていることを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 8】 請求項 6 または 7 に記載の表面形状測定装置において、

前記接触部の振動方向は前記スタイラスの軸方向であり、  
前記倣い移動手段は、前記スタイラスの軸を含む面内で倣い移動させることを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 9】 被測定物表面を測定する測定部を先端に有するスタイラスおよび前記被測定物表面と前記測定部間の測定状態に依存して応答変化する検出信号を出力する測定検出手段を有するプローブを用いて前記被測定物表面形状を測定する表面形状測定方法において、

前記測定部を前記被測定物表面に沿って相対移動させる倣い移動工程と、  
前記検出信号が予め設定された基準信号値に達した際の前記測定部の位置情報をサンプリングするサンプリング工程と、

前記検出信号が前記基準信号値に達した際に、前記被測定物表面から前記検出信号に応答変化を与える応答変化要因を算出する応答変化要因算出工程と、

前記応答変化要因を用いて前記位置情報を前記被測定物表面の実形状に補正演

算する形状演算工程とを備えることを特徴とする表面形状測定方法。

【請求項 1 0】 被測定物表面を測定する測定部を先端に有するスタイラスおよび前記被測定物表面と前記測定部間の測定状態を検出して検出信号を出力する検出手段を有するプローブを用いて前記被測定物表面形状を測定する表面形状測定装置において、

前記測定部を前記被測定物表面に沿って相対移動させる倣い移動手段と、

前記測定部と前記被測定物表面との相対位置関係が基準位置に達した際の前記測定部の位置情報をサンプリングするサンプリング手段と、

前記測定部の前記位置情報を被測定物表面の実形状に補正演算する形状演算手段と、

前記被測定物表面から前記検出信号に応答変化を与える応答変化要因を算出する応答変化要因算出手段と、

前記応答変化要因を用いて前記測定部と前記被測定物表面との相対位置関係が基準位置に達したことを示す前記検出信号の値である基準位置信号値を算出する基準位置信号値算出手段とを備えていることを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 1 1】 被測定物表面を測定する測定部を先端に有するスタイラスおよび前記被測定物表面と前記測定部間の測定状態に依存して応答変化する検出信号を出力する検出手段を有するプローブと、

前記測定部を前記被測定物表面に沿って相対移動させる倣い移動手段と、

前記検出信号が予め設定された基準信号値に達した際の前記測定部の位置情報をサンプリングするサンプリング手段と、

前記測定状態に基づいて前記位置情報を前記被測定物表面の形状に補正演算する形状演算手段とを備える表面形状測定装置において、

前記形状演算手段は、前記検出信号が前記基準信号値に達した際の前記測定部の第 1 の位置情報とこの直前に前記検出信号が前記基準位置信号値に達した際の前記測定部の第 2 の位置情報と結んだ形状ベクトルに基づいて前記被測定物の測定部位を決定して実形状を補正演算することを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 1 2】 請求項 1 1 に記載の表面形状測定装置において、

前記測定部位は、前記第 1 の位置情報が示す点を通り前記形状ベクトルに直交

する直線上に位置することを特徴とする表面形状測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、表面形状測定装置および表面形状測定方法に関する。詳しくは、プローブによって被測定物表面を自律倣い走査して連続的に被測定物の表面形状を測定する表面形状測定装置および表面形状測定方法に関する。

【0002】

【背景技術】

三次元測定機などに取り付けた接触式プローブにより被測定物表面の形状を測定する表面形状測定装置において、スタイラス先端部を被測定物表面に自律倣い走査させ、連続的に被測定物の表面形状を測定する表面形状測定装置が知られている。

【0003】

従来の表面形状測定装置 1 は、図 1 4 に示されるように、被測定物 W の表面に接触する接触部 2 2 を有する接触式プローブ 2 と、この接触式プローブ 2 を X、Y および Z 方向に駆動させる駆動機構 3 と、この駆動機構 3 を介して接触式プローブ 2 の接触部 2 2 の移動を制御するコントローラ部 4 とを備える。

接触式プローブ 2 は、図 1 5 に示されるように、先端に接触部 2 2 を有するスタイラス 2 1 と、このスタイラス 2 1 を支持するスタイラスホルダ 2 3 と、このスタイラスホルダ 2 3 に設けられスタイラス 2 1 を軸方向に振動させる加振手段 2 4 と、スタイラス 2 1 の振動変化を検出して検出信号を出力する振動検出手段 2 7 とを備える。接触部 2 2 は半径  $r$  の球状である。

【0004】

駆動機構 3 は、従来の三次元測定装置に用いられる X、Y および Z 方向スライド機構を備えたものが利用される。説明のために図 1 4 中においてスタイラス 2 1 に平行に Z 軸をとる。スタイラス 2 1 と直角方向に X、Y 方向をとる。X、Y および Z 方向スライド機構はそれぞれ駆動量を測定するリニアエンコーダ（不図示）を備えている。

## 【 0 0 0 5 】

コントローラ部 4 は、振動検出手段 2 7 からの検出信号が予め設定された基準信号値になるように接触部 2 2 を被測定物表面に沿って倣い移動させる倣い移動手段と、振動検出手段 2 7 からの検出信号が基準信号値になった際の接触部 2 2 の位置情報から被測定物表面形状を演算する形状演算手段とを備えている。

## 【 0 0 0 6 】

このような構成からなる表面形状測定装置 1 によって、図 1 6 に示されるように Z 方向に平行な面に対して X Y 平面上で倣い移動測定する場合を考える。

接触部 2 2 が倣い移動手段からの指令により被測定物 W の表面に沿って移動される。駆動機構の X、Y および Z 方向駆動量がリニアエンコーダによって計測されることにより、接触部 2 2 の位置情報が与えられる。

## 【 0 0 0 7 】

接触部 2 2 が倣い移動されるとき、接触部 2 2 と被測定物表面の相対位置関係によって検出信号が変化する。接触部 2 2 と被測定物表面との位置関係およびこの位置関係に応じて変化する検出信号を図 1 7 (D) に示す。

図 1 7 (A) のように、接触部 2 2 が被測定物 W と離間しているときは、接触部 2 2 の振動が束縛されないので、検出信号は最大値を示す。(B) のように接触部 2 2 が被測定物表面に接触を開始してから、さらに駆動機構 3 によりプローブ 2 が移動され、(C) のようにスタイラス 2 1 がしなると、接触部 2 2 に被測定物表面から押圧力が付与される。

## 【 0 0 0 8 】

接触部 2 2 の振動は、被測定物 W から付与される押圧力によって束縛され、検出信号が減少する。このとき、検出信号の変化は、接触部 2 2 が被測定物表面から与えられる押圧力に依存した感度特性を示す。(C) のように、スタイラスのしなり量 (押込み量  $d$ ) が所定の値になったとき、検出信号が基準信号値に達する。

## 【 0 0 0 9 】

検出信号が基準信号値に達したところで駆動機構の X Y Z 軸の駆動量がサンプリングされる。すると、検出信号が基準信号値に達したときの接触部 2 2 の位置

情報を得ることができる。

形状演算手段でこの接触部 2 2 の位置情報を用いて形状演算することにより、被測定物 W の表面形状を知ることができる。

【 0 0 1 0 】

図 1 6 に示される例を X Y 平面上で模式的に図 2 0 (A) を用いて説明する。図 2 0 (B) は、図 2 0 (A) の各点に応答した検出信号の出力である。この例では、被測定物 W の測定面は Z 軸に平行であると仮定する。

コントローラ部 4 に測定開始指令が与えられると、表面形状測定が開始される。

まず、接触部 2 2 が被測定物 W の表面に対して非接触である点 P0 から、アプローチベクトルによって被測定物 W に接触する方向に移動される（ステップ 1）。この例ではアプローチ方向は Y 軸方向である。

【 0 0 1 1 】

ステップ 1 が実行されると、接触部 2 2 が被測定物 W の測定面に接触され、検出信号が基準位置信号値（基準信号値）に達する（点 P1）。

検出信号が基準信号値に達すると、アプローチベクトルに対して所定の方法（ここでは直角方向）の前置移動ベクトルに従って接触部 2 2 が移動される（ステップ 2）。

このとき、被測定物 W の表面形状の凹凸によって接触部 2 2 が被測定物 W に強く押し込まれると、検出信号が変化する（点 P2）。

【 0 0 1 2 】

検出信号が変化すると、前置移動ベクトルに対して所定の方法（ここでは直角方向）の修正ベクトルに従って接触部 2 2 が移動される（ステップ 3）。

ステップ 3 による接触部 2 2 の移動により、検出信号が基準信号値に達する（点 P3）と、点 P1 と点 P3 を結んだ延長方向に、予め設定された大きさの走査移動ベクトルが生成され、この走査移動ベクトルに従って接触部 2 2 が移動される（ステップ 4）。

【 0 0 1 3 】

その後、走査移動ベクトルに対して所定の方法の修正ベクトルに従って接触部

2 2 が移動され、検出信号が基準信号値に達すると（点P5）、点P3と点P5を結んだ延長方向に、予め設定された大きさの走査移動ベクトルが生成され、以下同様な手順で被測定物Wの測定表面の倣い測定が行われる。

#### 【 0 0 1 4 】

ところで、検出信号が基準信号値となった際の接触部 2 2 の位置情報は、駆動機構 3 の駆動量から計測される位置である。

図 1 8 に、検出信号が基準信号値になった際の接触部 2 2 と被測定物表面との関係を示す。実線で示されるのは、被測定物表面と接触した接触部 2 2 の実位置である。この実位置の接触部 2 2 の中心座標を  $x_0$  とする。この実位置で接触部 2 2 の中心座標がサンプリングされればよいが、検出信号が基準信号値になるにはさらに所定の押込み量  $d$  だけプローブ 2 を押込む必要がある。破線で示されるのは実位置から押込み量  $d$  だけ押込んだ際の接触部 2 2 の仮想位置である。この仮想位置での接触部 2 2 の中心座標（スタイラス 2 1 の中心座標）を  $X$  とする。この仮想位置での接触部 2 2 の中心座標  $X$  が、駆動機構 3 のリニアエンコーダによって計測されサンプリングされることになる。

#### 【 0 0 1 5 】

すなわち、実際のところ、検出信号が基準信号値になった際の接触部 2 2 の実位置  $x_0$  は、駆動機構 3 のエンコーダで計測される位置  $X$  に対して押込み量  $d$  だけ補正したところにある。つまり、 $x_0 = X - d$  である。さらに、求めるべき被測定物の表面形状は、接触部 2 2 と被測定物表面との接触点  $x_p$  である。つまり、 $x_p = x_0 + r$  である。

#### 【 0 0 1 6 】

そこで、駆動機構 3 のエンコーダで計測される接触部 2 2 の位置情報（すなわち  $X$ ）から、接触部 2 2 と被測定物表面との接触点の位置（すなわち  $x_p$ ）を求めるには、次の補正式による。つまり、 $x_p = X + r - d$  である。

このように、検出信号が基準信号値となったところで接触部 2 2 の位置情報をサンプリングし、形状演算を行えば、被測定物Wの表面形状を測定することができる。

#### 【 0 0 1 7 】

## 【発明が解決しようとする課題】

上記のように、接触部 2 2 の振動方向に対して平行な面を測定する場合、プローブ 2 を被測定物 W に押込み量  $d$  だけ押込んだところで検出信号が基準信号値に達する。

しかしながら、例えば、図 1 9 に示されるように、接触部 2 2 の振動方向に対して傾斜を有する被測定物 W の表面を測定する場合、図 1 8 に示された場合に比べて接触部 2 2 の振動が被測定面によってより強く束縛されてしまう。すると、検出信号と押込み量との関係はこの傾斜角によって変化する。図 1 9 の場合には、基準の押込み量  $d$  に達する前に、検出信号が基準信号値に達してしまう。その結果、押込み量  $d$  に達する以前に接触部 2 2 の位置情報をサンプリングすることになる。この場合、検出信号が基準信号値となった際の接触部 2 2 の位置情報を、上記のように常に一定の押込み量  $d$  で補正しても、被測定物表面形状を正しく求めることはできない。

## 【0 0 1 8】

また、被測定物 W の測定表面が Z 軸に平行な場合（図 2 0 に示した場合）においても、接触部 2 2 の被測定物 W への接触点は、接触部 2 2 の中心を通る X Y 平面内の修正ベクトル方向に存在するとは限らないので、同様に常に一定の押し込み量  $d$  で補正しても、必ずしも被測定物表面形状を正しく求めることはできない。

## 【0 0 1 9】

このように、接触部 2 2 の振動方向と被測定物の測定表面とのなす角によって検出信号と押込み量との関係（感度特性）が変化するので、接触部 2 2 の振動方向に対して傾斜を有する被測定物表面の形状は、正しく測定できないという問題が生じる。

あるいは、感度特性が変化しない場合であっても、接触部 2 2 と被測定物 W の測定面との接触部位が修正ベクトル方向にない場合は、この接触位置が正確に求められず、従って被測定物表面の形状は、正しく測定できないという問題が生じる。

## 【0 0 2 0】

上記問題は、振動式のプローブ2に限らず、スタイラス21の歪み量を計測して接触部22と被測定物Wとの接触を検出する倣いプローブにおいても同様である。すなわち、スタイラス21と被測定物表面あるいは修正ベクトルと被測定物表面のなす角によって、プローブ2の押込み量とスタイラス21の歪み量との関係が変化する。その結果、スタイラス21の軸あるいは修正ベクトルに対して傾斜を有する被測定物Wの表面形状を正確に測定することができない。

## 【0021】

このような問題は非接触式プローブを用いて被測定物表面の形状を測定する場合にも生じる。例えば特開2001-194105に開示された静電容量式プローブのセンサヘッドは、センサ電極と、このセンサ電極を取り囲むようにリング状に配置された基準電極とから構成される。この様なセンサヘッドのセンサ電極を高周波信号で駆動すると、センサヘッドと被測定物の測定面との間の距離（即ち静電容量）に応じて、高周波電流が変化し、センサ電極の端子電圧が変化する。従ってセンサ電極の端子電圧を検出することにより、センサヘッドと測定面の間の距離Gapを測ることができる。

## 【0022】

このような静電容量式プローブは、センサヘッドが被測定物表面に対して直角方向に位置して対面して測定することが前提条件となっている。その理由は、センサヘッドと被測定物表面との位置関係が正対面関係にない場合は、センサヘッド先端周囲と測定面との間の静電容量分布が均一ではなくなり、その結果、感度特性が変化して、距離Gapが正確に測定できなくなるからである。つまり、被測定物表面がセンサヘッドに対して常に正対面状態を保つか否かが不明な倣い測定においては、このような非接触式プローブを用いた場合、被測定物表面の形状は正しく測定できないという問題があった。

## 【0023】

本発明の目的は、従来の問題を解消し、被測定物表面形状を正確に測定することができる表面形状測定装置および表面形状測定方法を提供することにある。

## 【0024】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明の表面形状測定装置は、被測定物表面を測定する測定部を先端に有するスタイラスおよび前記被測定物表面と前記測定部間の測定状態に依存して応答変化する検出信号を出力する検出手段を有するプローブを用いて前記被測定物表面形状を測定する表面形状測定装置において、前記測定部を前記被測定物表面に沿って相対移動させる倣い移動手段と、前記検出信号が予め設定された基準信号値に達した際の前記測定部の位置情報をサンプリングするサンプリング手段と、前記検出信号が前記基準信号値に達した際に、前記被測定物表面から前記検出信号に応答変化を与える応答変化要因を算出する応答変化要因算出手段と、前記応答変化要因を用いて前記位置情報を前記被測定物表面の実形状に補正演算する形状演算手段とを備えることを特徴とする。

## 【 0 0 2 5 】

このような構成において、倣い移動手段によって測定部が被測定物表面に沿って移動される。倣い移動手段としては、例えば、プローブが取り付けられた三次元駆動機構などを利用することができる。

測定部が倣い移動されるとき、被測定物表面と測定部との測定状態は、測定部を介して検出手段に伝えられ検出信号の変化として出力される。検出信号に基づいて、サンプリング手段は、検出信号が予め設定された基準信号値に達した場合に、測定部と被測定物表面とが測定状態にあるとして、測定部の位置情報をサンプリングしていく。

サンプリング手段としては、例えば、三次元駆動機構の各駆動軸に設けられたリニアエンコーダなどの駆動量測定手段などを利用することができる。この場合、サンプリングされる位置情報は、各駆動軸の駆動量から取得される。

## 【 0 0 2 6 】

ここで、検出信号が基準信号値に達したとき、測定部の位置情報がサンプリングされるが、この測定部の位置情報は被測定物表面の実形状そのものではないという問題がある。そこで、測定部の位置情報を被測定物表面形状に補正する必要がある。具体的には、測定部の位置情報を測定部と被測定物表面との測定点に補正演算する必要がある。

一方、検出信号は、被測定物表面と測定部との測定状態を反映して変化される

ものの、その応答変化の様子は、被測定物表面から測定部に測定状態を伝える種々の要因（応答変化要因）により異なってくるという問題がある。よって、検出信号が基準信号値であったとしても、被測定物表面と測定部との測定状態の様子は単純に一義的に決まるものではない。

測定部の位置情報を被測定物表面形状に補正演算する場合には、応答変化要因を考慮して、被測定物表面と測定部との測定状態に適した演算をすることにより、正確な補正演算を実現することができると思料される。

#### 【 0 0 2 7 】

上記の技術的思想に基づきなされた本発明においては、応答変化要因算出手段によって、被測定物表面から検出信号の応答に変化を与える応答変化要因を算出する。応答変化要因としては、例えば、被測定物表面の測定部位と測定部の標準測定部位との測定部位ずれ量（長さや角度）などを算出する。

この算出された応答変化要因に基づいて、形状演算手段は、測定部と被測定物表面との測定の様子を考慮して測定部の位置情報を被測定物表面の実形状に補正演算する。すると、被測定物表面形状を正確に求めることができる。

#### 【 0 0 2 8 】

本発明によれば、応答変化要因算出手段が設けられているので、検出信号が基準信号値に達した際の検出信号に応答変化を与える原因である応答変化要因を算出することができる。

さらに、形状演算手段では、この応答変化要因を考慮した補正演算を実行する。よって、測定部と被測定物表面との測定の状態を考慮して、測定部の位置情報から被測定物の表面形状を正確に求めることができる。

#### 【 0 0 2 9 】

前記応答変化要因は、前記検出信号が前記基準信号値に達した際の前記被測定物表面の測定部位と前記測定部の標準測定部位との測定部位ずれ量であり、前記形状演算手段は、前記応答変化要因によって前記位置情報の補正演算量を特定する補正演算量導出手段を備えていることが好ましい。

#### 【 0 0 3 0 】

応答変化要因として被測定物表面の測定部位と測定部の標準測定部位との測定

部位ずれ量を特定することができると、補正演算量導出手段によって、測定部が被測定物表面の測定を開始してから、検出信号が基準信号値に達するまでのプロープ補正演算量を算出する。

形状演算手段により、この補正演算量を考慮して、検出信号が基準信号値に達したときにサンプリングされた位置情報を補正演算することにより、被測定物表面形状を正確に求めることができる。

#### 【 0 0 3 1 】

前記補正演算量導出手段は、前記補正演算量と前記応答変化要因との関係を記録したテーブルであることが好ましい。

#### 【 0 0 3 2 】

被測定物表面の測定部位と測定部の標準測定部位との測定部位ずれ量（応答変化要因）が種々変化された場合に、検出信号がどのように応答変化するかを予め調べておく。この応答変化要因と検出信号の応答変化の関係から、さまざまな応答変化要因に対して検出信号が基準信号値に達する補正演算量を記録したテーブルを作成する。

このテーブルを備えておけば、応答変化要因が特定されるとその応答変化要因に対応した補正演算量が導出できる。よって、この補正演算量を考慮して、測定部の位置情報を補正演算すれば、被測定物表面形状を正確に求めることができる。

ちなみに、テーブルに予め用意されていない応答変化要因に対しては、補間（内挿）または補外（外挿）などにより補正演算量を特定すればよい。

#### 【 0 0 3 3 】

また、前記補正演算量導出手段は、前記応答変化要因から前記補正演算量を算出する補正演算量算出式であることが好ましい。

#### 【 0 0 3 4 】

被測定物表面と接触部の振動方向のなす角（応答変化要因）が種々変化された場合に、検出信号がどのように応答変化するかを予め調べて、この応答変化要因と検出信号の応答変化の関係から、任意の応答変化要因から検出信号が基準信号値に達する補正演算量を算出する関係式（補正演算量算出式）を求める。

この補正演算量算出式を備えておけば、応答変化要因が特定されるとその応答変化要因に対応した補正演算量が導出できる。よって、この補正演算量を考慮して、測定部の位置情報を補正演算すれば、被測定物表面形状を正確に求めることができる。

## 【 0 0 3 5 】

前記検出信号が前記基準信号値に達した際の前記測定部位ずれ量は、前記検出信号が前記基準信号値に達した際の前記測定部の第 1 の位置情報とこの以前に前記検出信号が前記基準信号値に達した際の前記測定部の第 2 の位置情報とを結んだ形状ベクトルの法線に基づいて求められることが好ましい。

## 【 0 0 3 6 】

検出信号が基準信号値に達した際にサンプリングされた測定部の位置情報を結んで生成されるベクトル（形状ベクトル）は、被測定物表面形状を反映したものとなる。従って、第 1 の位置情報が示す点を通り、形状ベクトルに直交する直線上に、被測定物表面の測定部位を求めることができる。

すると、この被測定物表面の測定部位と測定部の標準測定部位との測定部位ずれ量（応答変化要因）を求めることができる。応答変化要因から補正演算量を特定し、位置情報を補正演算することにより、被測定物表面形状を正確に求めることができる。

## 【 0 0 3 7 】

上記表面形状測定装置において、前記プローブは前記測定部としての接触部を備える接触式プローブであり、前記検出手段は、前記接触部を一方向に振動させる加振手段と、前記接触部の振動変化を検出する振動検出手段とを備えていることが好ましい。

## 【 0 0 3 8 】

このような構成によれば、加振手段によって接触部が一方向に振動される。接触部が被測定物表面に接触されると、接触部の振動が被測定物からの押圧力によって束縛される。振動検出手段は、接触部の振動変化をモニターし、例えば、振動のエネルギーを電気信号に変換して検出信号として出力すれば、接触部と被測定物表面との接触を検出することができる。

## 【 0 0 3 9 】

前記応答変化要因は、前記検出信号が前記基準信号値に達した際の前記被測定物表面の測定部位と前記接触部の振動方向とのなす角であり、前記形状演算手段は、前記接触部が前記被測定物表面に接触を開始してから前記検出信号が前記基準信号値に達するまでの前記位置情報の変化量である補正演算量を前記応答変化要因から特定する補正演算量導出手段を備えていることが好ましい。

## 【 0 0 4 0 】

接触部を一方向に振動させながら被測定物表面に接触させた場合、接触部の振動方向に対してどの角度から被測定物表面が接するかで接触部の振動を束縛する程度が異なってくる。すなわち、検出信号の応答変化が異なってくる。

例えば、振動方向に対して被測定物表面が平行であれば、振動を束縛する力が弱い。この場合、接触部を被測定物表面に強く押圧したときに検出信号が基準信号値に達する。つまり、接触部が被測定物表面に接触を開始してからさらにプローブを被測定物に接近させたとき（プローブを押込んだとき）に検出信号が基準信号値に達する。

また、振動方向に対して被測定物表面が直角であれば、振動を束縛する力が強く、接触部が被測定物表面にわずかに接したときに検出信号が基準信号値に達する。

## 【 0 0 4 1 】

そこで、検出信号が基準信号値に達したときにサンプリングされた接触部の位置情報に対して、このときの接触部の振動方向と被測定物表面の測定部位とのなす角を応答変化要因として求める。

接触部の振動方向と被測定物表面の測定部位がなす角を求めれば、被測定物表面が接触部の振動に対して与える影響、すなわち、検出信号の応答変化を特定することができる。

## 【 0 0 4 2 】

応答変化要因が特定されると、補正演算量導出手段によって、測定部が被測定物表面の測定を開始してから検出信号が基準信号値に達するまでのプローブ補正演算量を導出する。形状演算手段により、この補正演算量を考慮して、検出信号

が基準信号値に達したときにサンプリングされた位置情報を補正演算する。すると、被測定物表面形状が正確に求められる。

#### 【 0 0 4 3 】

前記接触部の振動方向は前記スタイラスの軸方向であり、前記倣い移動手段は、前記スタイラスの軸を含む面内で倣い移動させることが好ましい。

#### 【 0 0 4 4 】

このような構成において、検出信号が基準信号値に達した際にサンプリングした接触部の第 1 の位置情報と、この直前に検出信号が基準信号値に達した際にサンプリングした第 2 の位置情報とを結んだ形状ベクトルを求める。この形状ベクトルに直交し、第 1 の位置情報が示す点を通る直線上に被測定物表面の測定部位が存在するので、この直交直線と接触部の振動方向のなす角を求めれば、応答変化要因を算出することができる。

#### 【 0 0 4 5 】

接触部を、接触部の振動方向であるスタイラスの軸方向を含む面内で倣い移動させることにより、今回とこの直前にサンプリングした位置情報から形成される形状ベクトルと接触部の振動方向は同一面内に存在する。すなわち、この形状ベクトルが接触部の振動を直接規制する被測定物表面の面形状を反映する。よって、この形状ベクトルに直交し、第 1 の位置情報が示す点を通る直線上に被測定物表面の測定部位が存在するので、この直交直線と接触部の振動方向のなす角が応答変化要因として意味ある値となるのである。

#### 【 0 0 4 6 】

また、本発明の表面形状測定方法は、被測定物表面を測定する測定部を先端に有するスタイラスおよび前記被測定物表面と前記測定部間の測定状態に依存して応答変化する検出信号を出力する測定検出手段を有するプローブを用いて前記被測定物表面形状を測定する表面形状測定方法において、前記測定部を前記被測定物表面に沿って移動させる倣い移動工程と、前記検出信号が予め設定された基準信号値に達した際の前記測定部の位置情報をサンプリングするサンプリング工程と、前記検出信号が前記基準信号値に達した際に、前記被測定物表面から前記検出信号に応答変化を与える応答変化要因を算出する応答変化要因算出工程と、前

記応答変化要因を用いて前記位置情報を前記被測定物表面の実形状に補正演算する形状演算工程とを備えることを特徴とする。

## 【 0 0 4 7 】

このような構成によれば、応答変化要因算出工程が設けられているので、検出信号が基準信号値に達した際の検出信号に応答変化を与える原因である応答変化要因を算出することができる。さらに、形状演算工程では、この応答変化要因を考慮した補正演算を実行する。よって測定部と被測定物表面との測定の状態を考慮して、測定部の位置情報から被測定物の表面形状を正確に求めることができる。

## 【 0 0 4 8 】

また、本発明の表面形状測定装置は、被測定物表面を測定する測定部を先端に有するスタイラスおよび前記被測定物表面と前記測定部間の測定状態を検出して検出信号を出力する検出手段を有するプローブを用いて前記被測定物表面形状を測定する表面形状測定装置において、前記測定部を前記被測定物表面に沿って相対移動させる倣い移動手段と、前記測定部と前記被測定物表面との相対位置関係が基準位置に達した際の前記測定部の位置情報をサンプリングするサンプリング手段と、前記測定部の前記位置情報を被測定物表面の実形状に補正演算する実形状演算手段と、前記被測定物表面から前記検出信号に応答変化を与える応答変化要因を算出する応答変化要因算出手段と、前記応答変化要因を用いて前記測定部と前記被測定物表面との相対位置関係が基準位置に達したことを示す前記検出信号の値である基準位置信号値を算出する基準位置信号値算出手段とを備えていることを特徴とする。

## 【 0 0 4 9 】

このような構成において、測定部を被測定物表面に沿って倣い移動させる際、検出信号に基づいて、測定部と被測定物表面との相対位置が基準位置に達したところで測定部の位置情報をサンプリングする。この位置情報を、測定部と被測定物表面とが基準位置であることを考慮して、一定の補正式によって演算補正すれば、被測定物表面の形状を求めることができる。

ところで、測定部に対して被測定物表面がどのように接するかで、検出信号の

応答変化は異なる。

そこで、応答変化要因算出手段によって、この検出信号の応答変化を与える応答変化要因を算出する。

この応答変化要因の条件のもとで、測定部と被測定物表面とが基準位置にあるときに出力される検出信号の値（基準位置信号値）を基準位置信号値算出手段によって算出する。検出信号が算出された基準位置信号値に達した際に測定部の位置情報をサンプリングすれば、測定部と被測定物表面とが基準位置にあるので、一定の補正式により位置情報を補正演算することにより被測定物表面形状を求めることができる。

#### 【 0 0 5 0 】

本発明によれば、検出信号の応答変化を与える応答変化要因を特定し、この応答変化要因のもとで測定部と被測定物表面の相対位置が基準位置になる検出信号の値（基準位置信号値）を算出することができる。よって、測定部の位置情報を一定の補正式で演算処理すればよい。

#### 【 0 0 5 1 】

また、本発明の表面形状測定装置は、被測定物表面を測定する測定部を先端に有するスタイラスおよび前記被測定物表面と前記測定部間の測定状態に依存して応答変化する検出信号を出力する検出手段を有するプローブと、前記測定部を前記被測定物表面に沿って相対移動させる倣い移動手段と、前記検出信号が予め設定された基準信号値に達した際の前記測定部の位置情報をサンプリングするサンプリング手段と、前記測定状態に基づいて前記位置情報を前記被測定物表面の形状に補正演算する形状演算手段とを備える表面形状測定装置において、前記形状演算手段は、前記検出信号が前記基準信号値に達した際の前記測定部の第 1 の位置情報とこの直前に前記検出信号が前記基準位置信号値に達した際の前記測定部の第 2 の位置情報と結んだ形状ベクトルに基づいて前記被測定物の測定部位を決定して実形状を補正演算することを特徴とする。

#### 【 0 0 5 2 】

このような構成において、スタイラス先端の測定部を被測定物表面に沿って移動手段によって相対移動させると、測定部と被測定物表面の測定状態に依存して

検出信号の応答が変化する。そこで、検出信号が予め設定された基準信号値に達した際の測定部の第 1 の位置情報をサンプリングし、次に一定距離だけ測定部を相対移動させ、その状態で検出信号が予め設定された前記の基準信号値に達した際の測定部の第 2 の位置情報をサンプリングする。この第 1 と第 2 の位置情報から形状ベクトルを生成する。このような倣い測定を続けていけば、生成された形状ベクトル群は被測定物表面の形状を写したものとなる。

## 【 0 0 5 3 】

従って、各形状ベクトルに直交し、その形状ベクトルの先端位置（第 1 の位置情報が示す点）に直交する方向に被測定物表面の測定部位があるものと見なすことができる。そこで、サンプリングされた位置情報と被測定物表面の測定部位との間にオフセットを有するプローブの場合には、前記の直交方向にオフセット補正を行うことによって被測定物の測定部位を正確に決定して実形状を求めることができるようになる。

## 【 0 0 5 4 】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図示例と共に説明する。

## （第 1 実施形態）

本発明にかかる表面形状測定装置の第 1 実施形態は、背景技術で説明した図 1 4 の表面形状測定装置 1 と同様の構成を備えているが、コントローラ部 4 に特徴を有する。

表面形状測定装置 1 は、図 1 4 に示されるように、被測定物 W の表面に接触する接触部 2 2 を有する接触式プローブ 2 と、この接触式プローブ 2 を被測定物 W に対して移動させる駆動機構 3 と、この駆動機構 3 を制御するコントローラ部 4 とを備える。

説明のために、スタイラス 2 1 の軸方向で、図 1 4 中下向きに Z 軸をとる。この Z 軸に垂直に X Y 面をとる。

## 【 0 0 5 5 】

接触式プローブ 2 は、背景技術で説明したプローブと同様のものを使用できる。

接触式プローブ 2 は、先端に接触部 2 2 を有するスタイラス 2 1 と、このスタイラス 2 1 を支持するスタイラスホルダ 2 3 と、このスタイラスホルダ 2 3 に設けられスタイラス 2 1 を軸方向に振動させる加振手段 2 4 と、スタイラス 2 1 の振動変化を検出して検出信号を出力する振動検出手段 2 7 とを備える。

加振手段は、スタイラスホルダ 2 3 に設けられた圧電素子 2 5 と、この圧電素子 2 5 を振動させるパルスを発振する加振回路 2 6 とから構成される。

#### 【 0 0 5 6 】

振動検出手段 2 7 は、スタイラスホルダ 2 3 に設けられた圧電素子 2 8 と、圧電素子 2 8 の振動変化から生じる電圧変化を検出信号として出力する検出回路 2 9 とを備えて構成される。加振手段 2 4 と振動検出手段 2 7 とから検出手段が構成されている。

接触部は半径  $r$  の球状である。この接触部の半径  $r$  は、予めサイズが分かっているマスターを測定するなどして校正されることにより既知のものとして与えられる。

#### 【 0 0 5 7 】

駆動機構 3 は、コントローラ部 4 からの指令に基づいて接触式プローブ 2 を X 方向、Y 方向、Z 方向に駆動させて接触部 2 2 を被測定物 W に接触させるものであり、従来知られた三次元測定機に用いられている駆動機構 3 が利用できる。

各軸には、接触部 2 2 の位置情報をサンプリングするサンプリング手段としてリニアエンコーダ（不図示）が設けられている。このリニアエンコーダにより、各軸の駆動量が計測され、計測値が接触部 2 2 の位置情報として求められる。

#### 【 0 0 5 8 】

コントローラ部 4 は、図 1 に示されるように、記憶回路 4 1 と、差分器 4 2 と、移動ベクトル生成部 4 3 と、修正ベクトル生成部 4 4 と、動作指令部 4 5 と、メモリ 4 6 と、形状演算手段としての演算部 4 7 とを備えて構成されている。

記憶回路 4 1 には、接触部 2 2 が被測定物 W の表面に所定の押し込み強さ（測定力）で接触したときの検出信号を示す基準信号値が予め設定されている。

#### 【 0 0 5 9 】

差分器 4 2 は、検出回路 2 9 から出力された検出信号と記憶回路 4 1 に設定さ

れた基準信号値とを比較して、検出信号が基準信号値に一致したときは、接触部 2 2 の位置情報をサンプリングするサンプリング指令を動作指令部 4 5 に出力する。差分器 4 2 は、検出信号が基準信号値に一致していないとき、検出信号を基準信号値に一致させるための修正ベクトル作成指令を修正ベクトル生成部 4 4 に出力する。

## 【 0 0 6 0 】

移動ベクトル生成部 4 3 は、接触部 2 2 の移動方向および移動の大きさを指示する移動ベクトルを生成し、移動ベクトル指令として動作指令部 4 5 に出力する。

移動ベクトル生成部 4 3 は、接触部 2 2 を被測定物表面から離間した位置から被測定物表面に接触させる方向（アプローチ方向）に移動させるアプローチベクトル、このアプローチベクトルによる接触部 2 2 の移動の後に接触部 2 2 をアプローチ方向に対して直角方向（前置移動方向）に移動させる前置移動ベクトル、直前に検出信号が基準信号値に達したときの位置情報および今回検出信号が基準信号値に達したときの位置情報を結んだ延長方向（走査移動方向）に接触部 2 2 を移動させる走査移動ベクトルを生成する。

## 【 0 0 6 1 】

アプローチベクトルの方向は測定に先立って予め設定される。前置移動ベクトルおよび走査移動ベクトルの大きさは測定に先立って予め設定される。

アプローチベクトルは、接触部 2 2 を被測定物表面に接触させることができれば、特に方向は限定されるものではないが、被測定物表面の法線方向であることが好ましい。本実施形態では、説明のために、アプローチベクトルの方向は X 軸方向、前置移動ベクトルの方向は Z 軸方向とし、倣い測定は X Z 平面内で行われ、被測定物 W の測定表面は常に Y 軸に平行であると仮定する。

前置移動ベクトル、走査移動ベクトルの大きさは所望の測定精度および測定時間に応じて任意に設定できる。

## 【 0 0 6 2 】

修正ベクトル生成部 4 4 は、差分器 4 2 からの指令を受けて、検出信号が基準信号値になるように接触部 2 2 の移動の方向を指示する修正ベクトルを生成する。

。生成された修正ベクトルは修正ベクトル指令として動作指令部 4 5 に出力される。

修正ベクトルは、移動ベクトル生成部 4 3 で生成されるベクトルに対して直角方向を有するものである。

#### 【 0 0 6 3 】

動作指令部 4 5 は、差分器 4 2、移動ベクトル生成部 4 3、修正ベクトル生成部 4 4 からの指令を受けて、駆動機構 3 に動作指令を出力する。

動作指令としては、差分器 4 2 からのサンプリング指令により、接触部 2 2 の位置情報のサンプリングを駆動機構 3 に指令するもの、移動ベクトル生成部 4 3 からの移動ベクトル指令および修正ベクトル生成部 4 4 からの修正ベクトル指令を受けて駆動機構 3 を駆動させるものがある。

ここで、移動ベクトル生成部 4 3、修正ベクトル生成部 4 4、動作指令部 4 5 および駆動機構 3 により倣い移動手段が構成される。

#### 【 0 0 6 4 】

メモリ 4 6 は、差分器 4 2 からのサンプリング指令によってサンプリングされた接触部 2 2 の位置情報を記録する。この位置情報は、所定のタイミングで移動ベクトル生成部 4 3 および演算部 4 7 に出力される。

#### 【 0 0 6 5 】

演算部 4 7 は、図 2 に示されるように、形状ベクトル生成部 4 8 と、角度算出部 4 9 と、押込み量導出手段（補正演算量導出手段）としての押込み量／振動傾斜角テーブル 5 2 と、形状演算部 5 3 とを備えて構成されている。ここで、押込量とは、補正演算量を示す。

形状ベクトル生成部 4 8 は、検出信号が基準信号値に達した際、この直前に検出信号が基準信号値に達したときの位置情報と今回の位置情報とを結んだベクトル（形状ベクトル）を生成する。

なお、移動ベクトル生成部 4 3 で生成される次回の走査移動ベクトルは、この形状ベクトルの延長線上に生成される。

#### 【 0 0 6 6 】

角度算出部 4 9 は、接触部 2 2 の振動方向に対して形状ベクトルがなす角  $\alpha_n$

を算出する形状角算出部 5 0 と、接触部 2 2 の振動方向に対して被測定物表面の接触部位がなす角（応答変化要因）を算出する応答変化要因算出手段としての振動傾斜角算出部 5 1 とを備えて構成されている。

## 【 0 0 6 7 】

形状角算出部 5 0 は、接触部 2 2 の振動方向に対して形状ベクトルが有する角（形状角）を算出する。本実施形態において、接触部 2 2 の振動方向はスタイラス 2 1 の軸方向（Z 方向）であるので、形状角として、形状ベクトルとスタイラス 2 1 とのなす角を求める。

## 【 0 0 6 8 】

形状角  $\alpha_n$  は次のように求められる。図 3 に示されるように、接触部 2 2 は、走査移動ベクトルによって、点  $(X_{n-1}, Z_{n-1})$  から点  $(X_t, Z_t)$  へ移動した後、修正ベクトルによって走査移動ベクトルに直角方向へ移動した点  $(X_n, Z_n)$  へ修正移動する。この点  $(X_n, Z_n)$  において、検出信号が基準信号値となりサンプリングが行われる。点  $(X_{n-1}, Z_{n-1})$  と点  $(X_n, Z_n)$  によって形状ベクトルが定義されるので、形状角  $\alpha_n$  は、

$$\tan \alpha_n = (X_n - X_{n-1}) / (Z_n - Z_{n-1})$$

として求められる。

## 【 0 0 6 9 】

振動傾斜角算出部 5 1 は、接触部 2 2 の振動方向に対して被測定物表面の接触部位がなす角を推定する。

形状ベクトルは、接触部 2 2 の倣い方向において被測定物 W の表面形状をほぼ反映したものであるので、振動傾斜角算出部 5 1 は、接触部 2 2 の振動方向と形状ベクトルとで形成される面内において、接触部 2 2 の振動方向と点  $(X_n, Z_n)$  を通り形状ベクトルに直交する直線がなす角度（振動傾斜角  $\theta_n$ ）を算出する。ただし、振動傾斜角  $\theta_n$  としては、被測定物 W の側に作られる角度を指すものとする。

図 3 より、振動傾斜角  $\theta_n$  は、形状角  $\alpha_n$  を用いて、振動傾斜角  $\theta_n = \text{形状角 } \alpha_n + 90^\circ$  により求められる。

## 【 0 0 7 0 】

形状ベクトルが被測定物Wの測定面に平行である場合は、点 $(X_n, Z_n)$ を通り形状ベクトルに直交する直線VOLは被測定物Wの測定面に直角となり、接触部22が被測定物Wと接触する部位N $(x_p, z_p)$ は、この直線VOL上に一致する。ところが、図3に示すように、一般に形状ベクトルは被測定物Wの測定面に必ずしも平行とはならず、若干の角度を持つ。従って、接触部22が被測定物Wと接触する部位N $(x_p, z_p)$ は直線VOLから若干外れることになるので、正確には、振動傾斜角算出部51は、接触部22の振動方向に対して被測定物表面の接触部位N $(x_p, z_p)$ がなす角を算出したことにはならず、若干の誤差を生じる。

しかし、この問題は走査移動ベクトルの大きさを必要に応じて小さくすることによって、形状ベクトルを被測定物Wの測定面に平行に近づけることが出来るので、事実上、誤差の大きさを無視できるようになる。

#### 【 0 0 7 1 】

なお、本実施形態における接触式プローブ2においては、スタイラス21の先端に設けられた球状の接触部22の中心位置を含みスタイラスに直交する面内（緯度0度）で被測定物Wに接触したとき、標準測定部位での測定が行われたものとする。従って、被測定物Wの表面が、この面内以外の位置（例えば南緯30度）で接触する場合は、この30度が測定部位ずれ量となる。本実施形態においては、スタイラス軸を基準として振動傾斜角を求めるので、この場合の振動傾斜角は90度となる。つまり、接触式プローブ2の標準測定部位は、振動傾斜角が90度の位置である。

#### 【 0 0 7 2 】

押込み量／振動傾斜角テーブル52は、検出信号が基準信号値に達した際の押込み量 $d_n$ と振動傾斜角 $\theta_n$ との関係を記録したテーブルである。

検出信号が基準信号値に達するために必要な押込み量 $d_n$ は、接触部22の振動方向に対して被測定物表面がどのように接するかで異なってくる。

この関係を図4に示す。（A）は、接触部22の振動方向に対して被測定物表面の法線が振動傾斜角 $\theta_1$ （直角）で当たる場合である。（B）は、接触部22の振動方向に対して被測定物表面の法線が振動傾斜角 $\theta_2$ （ $> \theta_1$ ）で当たる場合

である。(C)は、接触部の振動方向に対して被測定物表面の法線が振動傾斜角  $\theta_3$  ( $> \theta_2$ ) で当たる場合である。

【0073】

(D)は、上記(A)(B)(C)のそれぞれの場合について、押込み量  $d_n$  と検出信号の応答特性を示した図であり、(A)の場合の応答特性  $L_1$ 、(B)の場合の応答特性  $L_2$ 、(C)の場合の応答特性  $L_3$  を示す。

(D)より、振動傾斜角  $\theta_n$  が大きくなると、接触部22の振動を束縛する力が強くなり、検出信号が基準信号値に達するまでの押込み量  $d_n$  が小さくなっていくことが示される。

すなわち、振動傾斜角  $\theta_1$  に対しては押込み量  $d_1$ 、振動傾斜角  $\theta_2$  に対しては押込み量  $d_2$  ( $< d_1$ )、振動傾斜角  $\theta_3$  に対しては押込み量  $d_3$  ( $< d_2$ ) である。

【0074】

この振動傾斜角  $\theta_n$  と押込み量  $d_n$  の関係を予め求めておく。押込み量／振動傾斜角テーブル52は、この押込み量  $d_n$  と振動傾斜角  $\theta_n$  との関係を記録している。

。

すなわち、振動傾斜角算出部51で求められた振動傾斜角  $\theta_n$  を押込み量／振動傾斜角テーブル52に入力することにより、この振動傾斜角  $\theta_n$  で接触部22が被測定物Wに押込まれた際の押込み量  $d_n$  を読み出すことができる。

【0075】

形状演算部53は、サンプリングされた位置情報を押込み量  $d_n$  と振動傾斜角  $\theta_n$  と接触部22の半径  $r$  とを考慮して補正演算し、被測定物表面の実形状を形状演算する。

形状演算部53では、まず、接触部22の位置情報 ( $X_n$ ,  $Z_n$ ) とこのときの押込み量  $d_n$  とを用いて接触部22の中心座標 ( $x_0$ ,  $z_0$ ) を算出する。

図3に示されるように、接触部22の中心座標 ( $x_0$ ,  $z_0$ ) は、位置情報 ( $X_n$ ,  $Z_n$ ) に対して、形状ベクトルに直交する直線VOL方向へ押込み量  $d_n$  だけ減じたところに存在する。よって、

$$x_0 = X_n - d_n \cos \alpha_n, \quad z_0 = Z_n - d_n \sin \alpha_n \text{ である。}$$

【0076】

次に、接触部 2 2 と被測定物表面との接触点  $N(x_p, z_p)$  の座標を求める。

接触部 2 2 と被測定物表面との接触点  $N(x_p, z_p)$  は、接触部 2 2 の中心から形状ベクトルに直交する直線  $VO_L$  方向へ接触部の半径  $r$  を補正したところに存在する。すなわち、

$$x_p = x_0 + r \cos \alpha_n, \quad z_p = z_0 + r \cos \alpha_n \text{ である。}$$

【0077】

よって、被測定物表面の座標  $N(x_p, z_p)$  は、

$$x_p = X_n - d_n \cos \alpha_n + r \cos \alpha_n, \quad z_p = Z_n - d_n \cos \alpha_n + r \cos \alpha_n$$

である。

すなわち、形状演算部 5 3 は形状演算式として、

$$(x_p, z_p) = (X_n + (r - d_n) \cos \alpha_n, Z_n + (r - d_n) \cos \alpha_n)$$

を備えている。

【0078】

ここで、図 5、図 6、図 7 のフローチャートおよび図 8 に示される接触部 2 2 の軌跡を参照して、第 1 実施形態の動作を説明する。

図 5 に示されるように、被測定物表面形状を測定する工程は、接触部 2 2 を被測定物表面に沿って倣い移動させる工程 (ST100) と、サンプリングされた接触部 2 2 の位置情報を補正演算して被測定物表面形状を求める工程 (ST200) とを備えて構成されている。

【0079】

まず、接触部 2 2 を倣い移動させる工程について、図 6 のフローチャートおよび図 8 の接触部 2 2 の軌跡を参照して説明する。

接触部 2 2 は、被測定物  $W$  から離間した点  $A$  より被測定物表面に向かってアプローチベクトルに従って移動される (アプローチ工程 ST101)。

アプローチベクトルによる移動により、接触部 2 2 が被測定物表面に接触を開始する。

次に、ST102 において、差分器 4 2 において検出信号が基準信号値に達したかどうか判断される。

【0080】

ここで、接触部 2 2 が被測定物表面に軽く触れた段階では、接触部 2 2 の振動束縛が十分ではないので、検出信号が基準信号値に達しない。すなわち、接触部 2 2 の接触が感知されない。ということは、接触部 2 2 が被測定物表面に接触を開始しても、さらに、駆動機構 3 が駆動してプローブ 2 の移動が継続される。

駆動機構 3 によるプローブ 2 の移動が継続されて、スタイラス 2 1 がしなり始めると、スタイラス 2 1 がしなる際に発生する押圧力で接触部 2 2 が被測定物表面に押込まれる。接触部 2 2 の振動がこの押圧力で束縛され、検出信号が基準信号値に達すると、このときの接触部（点 B）の位置情報がサンプリングされる（サンプリング工程 S T 1 0 3）。

#### 【 0 0 8 1 】

ここで、サンプリングされる接触部 2 2 の位置情報とは、駆動機構 3 の各軸に設けられたリニアエンコーダで計測される駆動機構 3 の駆動量である。つまり、接触部 2 2 の中心座標の位置ではなく、また、接触部 2 2 と被測定物表面との接触点の座標でもない。サンプリングされる位置情報はスタイラス 2 1 のしなり量（押込み量  $d$ ）も含んだ位置情報である。

#### 【 0 0 8 2 】

接触部 2 2 が被測定物表面に接触したときに、検出信号が基準信号値に達するが、被測定物表面が接触部 2 2 の振動方向に対してどのように接するかで基準信号値に達するまでの押込み量  $d_n$  が異なってくることは前述の通りである。

実際に接触部 2 2 の中心座標を求めるには、この押込み量  $d_n$  を減じなければならない。さらに、被測定物表面の実形状を求めるには、接触部 2 2 の半径分  $r$  を補正しなければならないが、これについては後述する。

#### 【 0 0 8 3 】

点 B で検出信号が基準信号値に達した後、接触部 2 2 が前置移動ベクトルに従ってアプローチベクトルとは直角方向に移動され、点 C に達する（前置移動工程 S T 1 0 4）。

点 C においては、接触部 2 2 が被測定物表面から過大離間の状態であるため検出信号が基準信号値に一致しない（S T 1 0 5 : N O）。よって、修正ベクトルに従って接触部 2 2 が移動される（修正移動工程 S T 1 1 1）。

修正ベクトルの方向は、前置移動ベクトルに対して直角であり、検出信号が基準信号値に達していないためアプローチベクトルと同じ方向である。この修正ベクトルに従って接触部 2 2 が移動され、検出信号が基準信号値に達したところ（点 D）で、接触部 2 2 の位置情報がサンプリングされる（S T 1 0 6）。

## 【 0 0 8 4 】

点 D で検出信号が基準信号値に達すると、この直前に検出信号が基準信号値に達した点 B と今回の点 D を結んだベクトル（形状ベクトル）の延長方向（走査移動ベクトル）に接触部 2 2 が移動され、点 E に達する（走査移動工程 S T 1 0 7）。

点 E においては、接触部 2 2 が被測定物表面に対して過剰接近の状態にあるので、検出信号が基準信号値に一致しない（S T 1 0 8 : N O）ので、修正ベクトルに従って接触部 2 2 が移動される（S T 1 1 2）。この修正ベクトルの方向は、走査移動ベクトルに対して直角であり、検出信号が基準信号値を超えているため、図 8 においては走査移動ベクトルに対して右側である。

## 【 0 0 8 5 】

この修正ベクトルにより接触部 2 2 は、点 E から点 F に達し、検出信号が基準信号値に一致する（S T 1 0 8 : Y E S）。

この点 F での接触部 2 2 の位置情報がサンプリングされる（S T 1 0 9）。

以後、点 F と点 D を結んだ延長方向へ走査移動ベクトルに従って接触部 2 2 が移動されて、接触部 2 2 が被測定物表面に沿って倣い移動が行われる。

S T 1 1 0 において、予め設定された終了条件を満たすまで倣い移動が繰り返され、終了条件を満たしたところで、終了される。

## 【 0 0 8 6 】

ここで、アプローチ工程（S T 1 0 1）、前置移動工程（S T 1 0 4）および走査移動工程（S T 1 0 7）により倣い移動工程が構成される。

ちなみに、点 E では、接触部 2 2 が被測定物 W に食い込んでいるように描かれているが、実際には、接触部 2 2 が被測定物 W に食い込むことはない。点 E は、スタイラス 2 1 のしなりがないとした場合に駆動機構 3 による位置情報に基づいて描かれる接触部 2 2 の仮想点である。

## 【 0 0 8 7 】

このように接触部 2 2 が倣い移動されて、サンプリングされた位置情報は、メモリ 4 6 に記憶された後、演算部 4 7 に出力される。演算部 4 7 では、位置情報を基に補正演算を行って被測定物 W の表面形状を求める。

## 【 0 0 8 8 】

図 7 のフローチャートを参照して被測定物表面形状を算出する工程について説明する。

メモリ 4 6 に記録された位置情報が形状ベクトル生成部 4 8 に出力される (S T 2 0 1)。これは、補正演算の対象となる位置情報 ( $X_n$ 、 $Z_n$ ) と、この直前の位置情報 ( $X_{n-1}$ 、 $Z_{n-1}$ ) とが出力される。すると、形状ベクトル生成部 4 8 で、形状ベクトルが生成される (S T 2 0 2)。すなわち、形状ベクトルは ( $X_n - X_{n-1}$ 、 $Z_n - Z_{n-1}$ ) となる (図 3 参照)。

この形状ベクトルと接触部 2 2 の振動方向とから、形状角算出部 5 0 において、形状角  $\alpha_n$  が算出される (S T 2 0 3)。前述の通り、 $\tan \alpha_n = (X_n - X_{n-1}) / (Z_n - Z_{n-1})$  により、形状角  $\alpha_n$  が算出される。

さらに、振動傾斜角算出部 5 1 において、振動傾斜角  $\theta_n = \alpha_n + 90^\circ$  により振動傾斜角  $\theta_n$  が算出される (S T 2 0 4)。

振動傾斜角  $\theta_n$  は、押込み量／振動傾斜角テーブル 5 2 に出力される。

## 【 0 0 8 9 】

押込み量／振動傾斜角テーブル 5 2 から、振動傾斜角  $\theta_n$  に対応する押込み量  $d_n$  が読み出される (S T 2 0 5)。この際、テーブルに記録されていない振動傾斜角  $\theta_n$  に対しては、前後の振動傾斜角  $\theta_{n-1}$ 、 $\theta_{n+1}$  における押込み量  $d_{n-1}$ 、 $d_{n+1}$  から内挿または外挿により押込み量  $d_n$  を算出する。この押込み量  $d_n$  は、形状演算部 5 3 に出力される。

## 【 0 0 9 0 】

位置情報 ( $X_n$ 、 $Z_n$ ) に対して、被測定物表面の座標 ( $x_p$ 、 $z_p$ ) を順次算出して、これを測定値として出力すれば、被測定物表面の形状を求めることができる (S T 2 0 6)。

すなわち、位置情報 ( $X_n$ 、 $Z_n$ ) に対して、 $(x_p, z_p) = (X_n + (r - d_n$

)  $\cos \alpha_n$ 、 $Z_n + (r - d_n) \cos \alpha_n$ ) により、被測定物表面の実形状を求めることができる。

サンプリングされたすべての位置情報に対して形状演算を行うことにより、被測定物表面の実形状を求めることができる (S T 2 0 7)。

#### 【 0 0 9 1 】

以上、このような構成からなる第 1 実施形態によれば、次の効果を奏することができる。

(1) サンプリングされた接触部 2 2 の位置情報から、被測定物表面形状を求める際に、それぞれの位置情報に対して、検出信号が基準信号値に達するときの押込み量の違いを考慮して形状演算するので、正確に被測定物表面形状を求めることができる。

すなわち、振動傾斜角算出部 5 1 によって振動傾斜角  $\theta_n$  を算出し、押込み量 / 振動傾斜角テーブル 5 2 により基準信号値に達した際の押込み量  $d_n$  を特定する。この押込み量  $d_n$  に応じた形状演算により被測定物表面形状を正確に求めることができる。

#### 【 0 0 9 2 】

(2) 接触部 2 2 をスタイラス 2 1 の軸方向に振動させるとともに、接触部 2 2 をスタイラス 2 1 の軸方向に倣い移動させるので、接触部 2 2 の振動方向と被測定物表面との関係を簡便に求めることができる。すなわち、補正対象の位置情報に対して直前の位置情報とを結んで生成される形状ベクトルにより、接触部 2 2 の振動方向と形状ベクトルに直交する直線とがなす角を特定すれば、接触部 2 2 の振動方向と被測定物表面の接触部位とがなす角を算出することができる。

よって、本実施形態においては、接触部 2 2 の振動方向 (スタイラス軸方向) への倣い移動において、被測定物 W の表面形状をほぼ正確に求めることができる。

#### 【 0 0 9 3 】

(3) 振動傾斜角  $\theta_n$  に対する押込み量  $d_n$  を記録したテーブルを備えているので、押込み量  $d_n$  を簡便に特定することができる。

(4) 常に一定の値に設定された基準信号値を基準として接触部 2 2 を倣い移

動させるので、倣い移動は簡便であり、従来の倣い移動の方法を利用することができる。すなわち、従来の表面形状測定装置を用いて、演算部 4 7 の構成を変更するだけで本実施形態の作用効果を奏することができる。

#### 【 0 0 9 4 】

(5) 必要な形状測定精度に応じて走査移動ベクトルの大きさを小さく設定することにより、形状ベクトルの方向を被測定物 W の測定面の方向と同一方向に近づけることができるので、所定精度で被測定物 W の表面形状を求めることができる。

(6) 形状測定精度に余裕のある場合は、走査移動ベクトルの大きさを大きく設定することにより、一回の走査移動距離が長くなり、その分、修正ベクトルによる修正移動の回数が減少するので、測定的高速化を図ることが出来る。

#### 【 0 0 9 5 】

##### (第 2 実施形態)

本発明の第 2 実施形態は、基本的構成は第 1 実施形態と同様であるが、第 2 実施形態の特徴とするところはコントローラ部 4 の構成にある。

図 9 に示されるように、コントローラ部 4 は、第 1 実施形態と同様に、動作指令部 4 5、移動ベクトル生成部 4 3、修正ベクトル生成部 4 4、差分器 4 2、メモリ 4 6、演算部 5 4 を備えている。

ただし、第 1 実施形態と異なる点として、記憶回路が設けられていない。動作指令部 4 5、移動ベクトル生成部 4 3、修正ベクトル生成部 4 4、メモリ 4 6 の動作は第 1 実施形態と同様である。

#### 【 0 0 9 6 】

演算部 5 4 は、基本的構成は第 1 実施形態と同様に、形状ベクトル生成部 4 8、角度算出部 4 9、形状演算部 5 6 を備えている。さらに、第 1 実施形態の押込み量／振動傾斜角テーブル 5 2 に換えて、第 2 実施形態においては基準位置信号値算出手段としての基準位置信号値／振動傾斜角テーブル 5 5 が設けられている。

形状ベクトル生成部 4 8、角度算出部 4 9 の動作は第 1 実施形態と同様であるが、基準位置信号値／振動傾斜角テーブル 5 5、形状演算部 5 6 の動作が第 1 実

施形態とは異なっている。

【 0 0 9 7 】

基準位置信号値／振動傾斜角テーブル 5 5 について説明する。

図 1 0 に、振動傾斜角  $\theta$  と検出信号の関係を示す。これは、第 1 実施形態で説明したように、振動傾斜角が  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3 \cdots$  と、この振動傾斜角  $\theta_n$  で接触部 2 2 と被測定物表面とが接した場合に出力される検出信号の応答  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  を予め調べて作成されるものである。

この図 1 0 から、振動傾斜角  $\theta_n$  の条件のもとで設定された押込み量  $d$  に達したときの検出信号の値（基準位置信号値  $SG_n$ ）が特定できる。

基準位置信号値／振動傾斜角テーブル 5 5 は、振動傾斜角  $\theta_n$  に対する基準位置信号値  $SG_n$  を記録している。すなわち、振動傾斜角  $\theta_1$  に対して、基準位置信号値  $SG_1$ 、振動傾斜角  $\theta_2$  に対して基準位置信号値  $SG_2$ 、振動傾斜角  $\theta_3$  に対して基準位置信号値  $SG_3$ 、などがテーブルとして記録されている。

【 0 0 9 8 】

振動傾斜角算出部 5 1 で算出された振動傾斜角  $\theta_n$  が基準位置信号値／振動傾斜角テーブル 5 5 に入力されると、この振動傾斜角  $\theta_n$  に対応する基準位置信号値  $SG_n$  の値が出力される。基準位置信号値  $SG_n$  は、差分器 4 2 に出力される。すなわち、接触部 2 2 と被測定物表面とが設定された押込み量  $d$  に達したときの検出信号の値（基準位置信号値  $SG_n$ ）に基づいて、接触部 2 2 が倣い移動される。検出信号が基準位置信号値  $SG_n$  に達したときの接触部 2 2 の位置情報がサンプリングされる。

【 0 0 9 9 】

形状演算部 5 6 は、サンプリングされた位置情報を接触部 2 2 と被測定物表面の接触点の座標に補正演算する形状演算式を備えている。この形状演算式より、接触部 2 2 の位置情報から被測定物表面形状を求める。

形状演算式は、基本的には第 1 実施形態と同様の思想によって導出されるものであるが、第 2 実施形態では押込み量が常に一定の値（押込み量  $d$ ）である。

すなわち、位置情報（ $X_n$ 、 $Z_n$ ）に対して、接触部 2 2 と被測定物表面との接触点（ $x_p$ 、 $z_p$ ）を求める形状演算式は、

$$(x_p, z_p) = (X_n + (r - d) \cos \alpha_n, Z_n + (r - d) \cos \alpha_n)$$

である。

【 0 1 0 0 】

基準位置信号値  $SG_n$  の出力タイミングと接触部 2 2 の倣い移動工程を中心に、第 2 実施形態の動作を図 1 1 のフローチャートと図 1 2 の接触部 2 2 の軌跡を参照して説明する。

図 1 1 において、ST 4 1 から ST 4 6 までは、第 1 実施形態と基本的に同様である。ただし、アプローチ工程 ST 4 1 の後の基準位置信号値 (ST 4 2) および前置移動工程 ST 4 4 の後の基準位置信号値 (ST 4 5) は、振動傾斜角が  $90^\circ$  である場合の基準位置信号値とする。

これは、アプローチベクトルがスタイラス 2 1 と直角で、かつ、被測定物表面の法線方向であるとした場合、接触部 2 2 の振動方向と被測定物表面の法線とのなす角 (振動傾斜角) が  $90^\circ$  となるからである。また、前置移動ベクトルの大きさを小さく設定すれば、前置移動ベクトルに沿って移動された場合でも、被測定物 W の測定面傾斜角の変化は小さいと推定されるため、接触部 2 2 の振動方向と被測定物表面の法線とのなす角 (振動傾斜角) は  $90^\circ$  に近似できるからである。

【 0 1 0 1 】

第 1 実施形態で説明した倣い移動により、図 1 2 に示されるように接触部 2 2 が点 J から点 K に移動されると、この点 K において、形状ベクトル生成部 4 8 により形状ベクトルが生成される (ST 4 7)。次に、振動傾斜角算出部 5 1 により、振動傾斜角  $\theta_K$  が算出される (ST 4 8)。

この算出された振動傾斜角  $\theta_K$  は、基準位置信号値／振動傾斜角テーブル 5 5 に出力される。基準位置信号値／振動傾斜角テーブル 5 5 では、この振動傾斜角  $\theta_K$  から基準位置信号値  $SG_K$  を読み出す (ST 4 9)。この基準位置信号値  $SG_K$  は差分器 4 2 に出力される。

すると、接触部 2 2 は走査移動ベクトルに従って移動され、次のサンプリング点 (点 M) では、検出信号が基準位置信号値  $SG_K$  に達するように接触部 2 2 が移動される (ST 5 0、ST 5 5)。検出信号が基準位置信号値  $SG_K$  に一致す

ると (S T 5 1)、接触部 2 2 の位置情報がサンプリングされる (S T 5 2)。

すなわち、直前のサンプリング点 (点 K) での振動傾斜角  $\theta_K$  から、次のサンプリング点 (点 M) での基準位置信号値  $S G_K$  を推定して使用する。

#### 【 0 1 0 2 】

このような倣い移動工程によってサンプリングされた位置情報は、形状演算部 5 6 において補正演算される。このとき、押込み量  $d$  は常に一定であるので、補正対象の位置情報 ( $X_n$ 、 $Z_n$ ) に対して、接触部 2 2 と被測定物表面との接触点 ( $x_p$ 、 $z_p$ ) を求める形状演算式は、形状角  $\alpha_n$  として

$$(x_p, z_p) = (X_n + (r - d) \cos \alpha_n, Z_n + (r - d) \cos \alpha_n)$$

となる。

このように算出された ( $x_p$ 、 $z_p$ ) は測定値データとして出力される。

#### 【 0 1 0 3 】

以上、このような構成からなる第 2 実施形態によれば、第 1 実施形態の効果 (2)、(5)、(6) に加えて、次の効果を奏することができる。

(7) 接触部 2 2 を倣い移動させる際に、接触部 2 2 と被測定物表面とが基準の押込み量  $d$  となる基準位置信号値  $S G$  になるように接触部 2 2 を倣い移動させる。よって、サンプリングされた位置情報を補正演算する際に、一定の押込み量  $d$  で補正演算すればよいので、簡便である。

(8) 基準位置信号値／振動傾斜角テーブル 5 5 を備えているので、振動傾斜角算出部 5 1 で算出された振動傾斜角  $\theta$  により、次のサンプリング点での基準位置信号値  $S G$  を容易に特定することができる。

#### 【 0 1 0 4 】

(9) 押込み量  $d$  が一定になるように、基準位置信号値／振動傾斜角テーブル 5 5 から基準位置信号値  $S G$  が取り出されて差分器 4 2 で比較されるので、接触部 2 2 の許容押込み限界  $d_{max}$  に対する余裕が一定になり、押込み過ぎによるプローブ破損の危険を小さくできる。

#### 【 0 1 0 5 】

尚、本発明の表面形状測定装置および表面形状測定方法は、上記実施形態にのみ限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更

を加え得ることは勿論である。

第 1 実施形態では、押込み量と振動傾斜角の関係をテーブルとして押込み量／振動傾斜角テーブル 5 2 として備えているが、押込み量と振動傾斜角の関係式を求めて、振動傾斜角から押込み量を算出する押込み量算出式を備えていてもよい。

第 2 実施形態においては、基準位置信号値と振動傾斜角の関係を基準位置信号値／振動傾斜角テーブル 5 2 として備えているが、この関係式を求めて、振動傾斜角から基準位置信号値を算出する式（基準位置信号値算出式）を備えていてもよい。

#### 【 0 1 0 6 】

上記実施形態においては、接触部 2 2 の振動方向はスタイラス 2 1 の軸方向とし、接触部 2 2 の倣い方向は接触部 2 2 の振動方向（スタイラス 2 1 の軸方向を含む面内）であるが、これに限定されるものではない。

接触部 2 2 の振動方向（Z 軸方向）に対して走査移動方向が X Y 平面内での方向であっても良い。この場合、被測定物 W の測定面は例えば図 1 6 に示すように Z 軸に平行であり、走査移動ベクトルと形状ベクトルが X Y 平面内で生成され、サンプリング点を通り形状ベクトルに直交する方向に接触部 2 2 と被測定物 W との接触部位があると推定して押込み量  $d_n$  と半径  $r$  の補正を行って被測定物 W の表面形状を求めることができる。

#### 【 0 1 0 7 】

被測定物 W の接触部位が、常に接触部 2 2 の赤道位置（接触部 2 2 の中心を通り、スタイラス 2 1 に直交する面内）である場合は、振動傾斜角は標準測定部位である 9 0 度であるので、測定部位ずれ量はゼロとなり、応答変化要因は変化しない。しかし、この場合であっても、接触部 2 2 の被測定物 W との接触部位の経度方向（X Y 平面内）を特定する必要がある。この経度方向の特定にあたって、修正ベクトル方向ではなく、算出した形状ベクトルに直交し、サンプリング点（位置情報の示す点）を通る直線方向に接触部 2 2 と被測定物 W との接触部位があると推定することによって、より正しい接触点を特定することができる。

#### 【 0 1 0 8 】

この場合であっても被測定物Wの測定面がZ軸に平行でない場合は、振動傾斜角が変化するので、第1実施形態（押込み量可変）あるいは第2実施形態（押込み量一定）のいずれをも併用して実施しても良い。つまり、被測定物Wの測定面の傾きが、XY平面内で変化し、かつZ軸に対しても傾いている場合は、図3によって形状角 $\alpha_n$ から振動傾斜角 $\theta_n$ を求め、この振動傾斜角 $\theta_n$ に対応する押込み量 $d_n$ を用いてXY平面内の表面形状を求めても良い。

## 【0109】

さらに、スタイラス21の軸がZ軸に平行な場合のみを示したが、これに限らず任意方向に傾いている場合であっても良い。要するに、標準測定部位に対する測定部位ずれ量が決定できれば良い。

また、振動式プローブに限らず押込み量に対して検出信号が変化するプローブであれば、どのようなプローブにおいても実施できる。

その他、振動式の接触プローブ2に限らず、スタイラス21の歪み量を検出する倣いプローブを用いてよい。

また、接触部22を移動させるのみならず、被測定物Wを移動させてもよく、接触部22と被測定物Wとを共に移動させてもよい。

## 【0110】

上記実施形態においては、接触部22を倣い移動させる工程ST100を終了してから、被測定物表面形状を算出する工程ST200を行うとしたが、ST100において位置情報をサンプリングしたときに、ST200において逐次並行処理として位置情報を被測定物表面形状に補正演算してもよい。形状演算部53、56は、形状ベクトル生成部48や角度算出部49からは独立したものであるので、倣い移動を行いながら形状演算することが可能である。

## 【0111】

上記実施形態においては、接触部の形状は半径rの球状であるが、これに限らず、例えば、図13に示されるように、種々の形態を取り得るものである。例えば、図13(A)(B)のように断面が楕円形の接触部22A、22Bでもよく、また、図13(C)のように、スタイラス21に対して直角方向に鋭角端部を有する算盤球状の接触部22Cでもよい。

図 1 3 (A) (B) の接触部 2 2 A、2 2 B を用いた場合、接触部と被測定物表面との接触点の方向は、上記実施形態と同様に形状ベクトルに対して直角方向として形状演算すればよい。ただし、形状角  $\alpha$  に応じて半径  $r$  の長さを考慮する必要がある。

また、図 1 3 (C) の接触部 2 2 C を用いた場合には、接触部 2 2 C と被測定物表面との接触点をスタイラス 2 1 に対して直角方向とすればよい。

#### 【0 1 1 2】

上記実施形態において、走査移動ベクトルは、直前の位置情報と今回の位置情報とを結んだ延長線方向として生成されるが、これに限定されず、例えば、走査移動ベクトルの方向は常に接触部 2 2 の振動方向、すなわち、スタイラス 2 1 の軸方向としてもよい。倣い移動の方法は、特に限定されるものではなく、検出信号が基準信号値または基準位置信号値になるように自律倣い移動できるものであればよい。

#### 【0 1 1 3】

形状角  $\alpha$  は、直前の位置情報と今回の位置情報とを結んだ形状ベクトルが Z 軸となす角を  $\tan \alpha$  として求めたが、例えば、形状ベクトルの方向と接触部の振動方向との内積から求めてもよい。

#### 【0 1 1 4】

さらに、本発明の表面性状測定装置および表面形状測定方法は、非接触式プローブに対しても実施できる。例えば静電容量式プローブのセンサヘッドが被測定物 W の測定面に対して正対面状態（例えばセンサヘッドが X 軸方向を測定するように設置されている場合、被測定物表面が Y Z 平面に平行な状態）から外れて相対的に傾きが生じ、図 4 (A) ~ (C) に示したようにセンサヘッド（図 4 では接触部 2 2 に相当）と被測定物 W の測定面の対面角度が変化して図 4 (D) と同様に感度特性が変化し、センサヘッドと被測定物 W の測定面との距離 Gap（図 4 では押込み量  $d_1$  に相当）を修正する必要性が生じた場合であっても、図 2 に示す第 1 実施形態あるいは図 9 に示す第 2 実施形態によって本発明を実施すれば、より高い精度で被測定物 W の表面形状を求めることができる。この場合、応答変化要因は測定物 W の測定面の対面角度の変化であり、標準測定部位は正対面状態、

測定部位ずれ量は正対面状態からのずれ角度とすれば良い。

【0 1 1 5】

【発明の効果】

以上、説明したように本発明の表面形状測定装置および表面形状測定方法によれば、被測定物表面形状を正確に測定することができるという優れた効果を奏し得る。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の表面形状測定装置の第 1 実施形態において、コントローラ部を示す図である。

【図 2】

前記第 1 実施形態において、演算部の構成を示す図である。

【図 3】

前記第 1 実施形態において、接触部の位置情報、接触部の中心座標、接触部と被測定物表面との接触点、形状角  $\alpha$  および振動傾斜角  $\theta$  の関係を示す図である。

【図 4】

前記第 1 実施形態において、接触部の振動方向と被測定物表面との位置関係に対する検出信号の応答変化を示す図である。

【図 5】

前記第 1 実施形態において、表面形状測定の工程を示すフローチャートである。

【図 6】

前記第 1 実施形態において、倣い移動工程を示すフローチャートである。

【図 7】

前記第 1 実施形態において、形状演算工程を示すフローチャートである。

【図 8】

前記第 1 実施形態において、接触部の移動の軌跡を示す図である。

【図 9】

本発明の表面形状測定装置の第 2 実施形態において、コントローラ部の構成を

示す図である。

【図 1 0】

前記第 2 実施形態において、押込み量と基準位置信号値の関係を示す図である。

【図 1 1】

前記第 2 実施形態において、倣い移動工程を示すフローチャートである。

【図 1 2】

前記第 2 実施形態において、接触部の移動の軌跡を示す図である。

【図 1 3】

接触部の形状の変形例を示す図である。

【図 1 4】

従来の表面形状測定装置としての三次元測定装置を示す図である。

【図 1 5】

従来の振動式の接触式プローブを示す図である。

【図 1 6】

従来の倣い移動を示す図である。

【図 1 7】

接触部と被測定物表面との位置関係に対する検出信号の変化を示す図である。

【図 1 8】

検出信号が基準信号値に達した際の接触部の位置と押込み量の関係を示す図である。

【図 1 9】

接触部の振動方向に対して被測定物表面が傾斜を有する場合を示す図である。

【図 2 0】

従来の倣い移動の原理を示す図である。

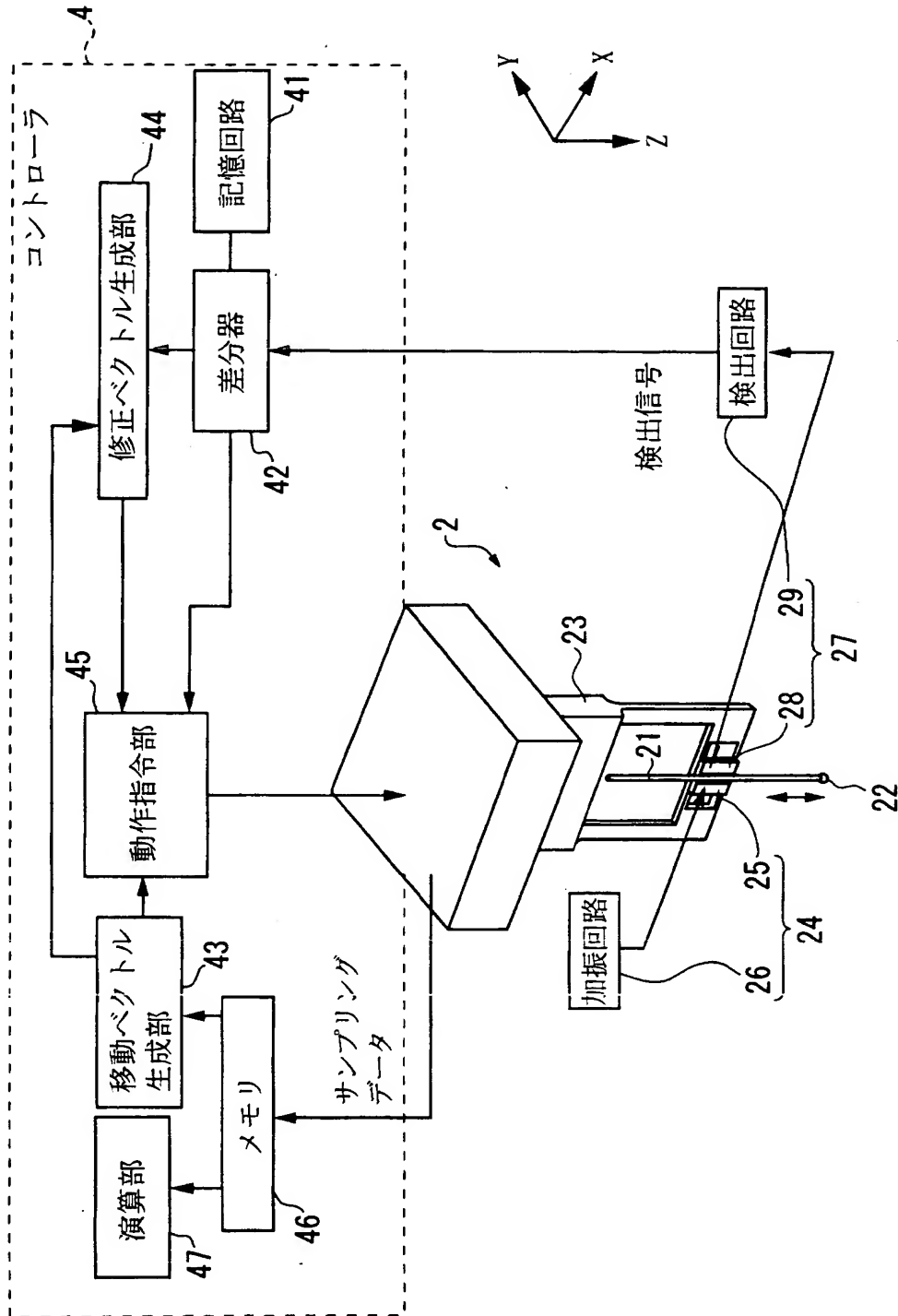
【符号の説明】

- 1 表面形状測定装置
- 2 接触式プローブ
- 3 駆動機構（倣い移動手段）

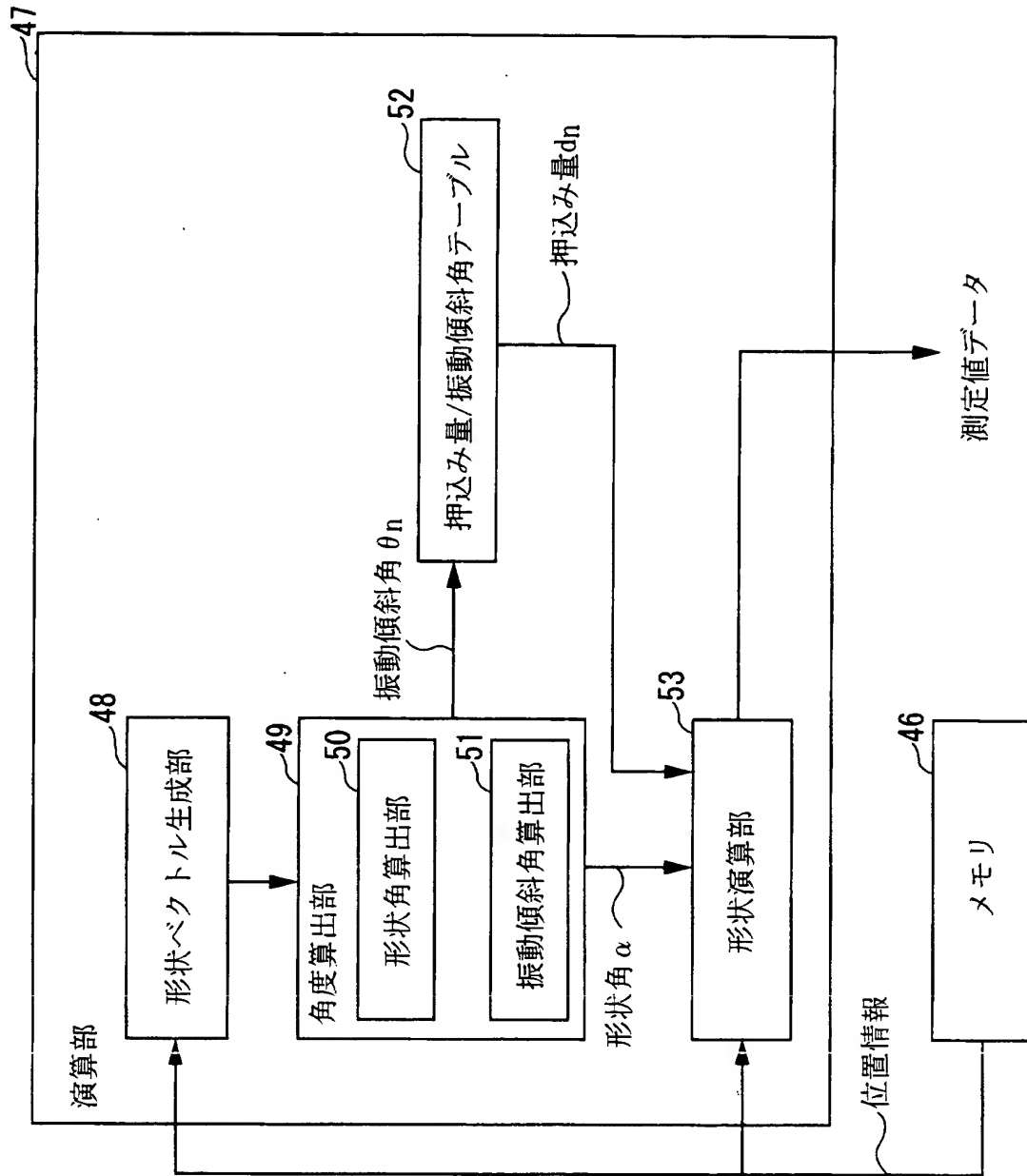
- 2 1     スタイラス
- 2 2、2 2 A、2 2 B、2 2 C     接触部
- 2 4     加振手段（検出手段）
- 2 7     振動検出手段（検出手段）
- 4 3     移動ベクトル生成部（倣い移動手段）
- 4 4     修正ベクトル生成部（倣い移動手段）
- 4 5     動作指令部（倣い移動手段）
- 4 7     演算部（形状演算手段）
- 5 1     振動傾斜角算出部（応答変化要因算出手段）
- 5 2     押込み量／振動傾斜角テーブル（押込み量算出手段）
- 5 5     基準位置信号値／振動傾斜角テーブル（基準位置信号値算出手段）

【書類名】 図面

【図 1】

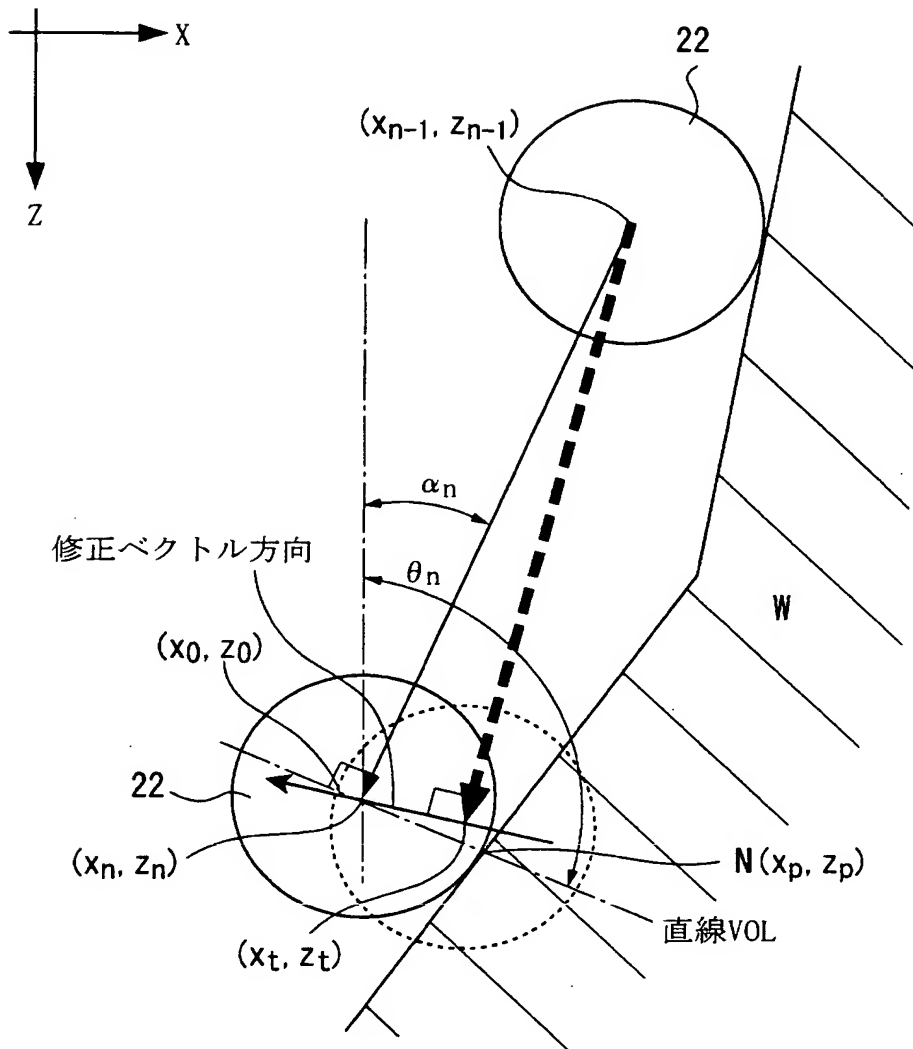


【図 2】

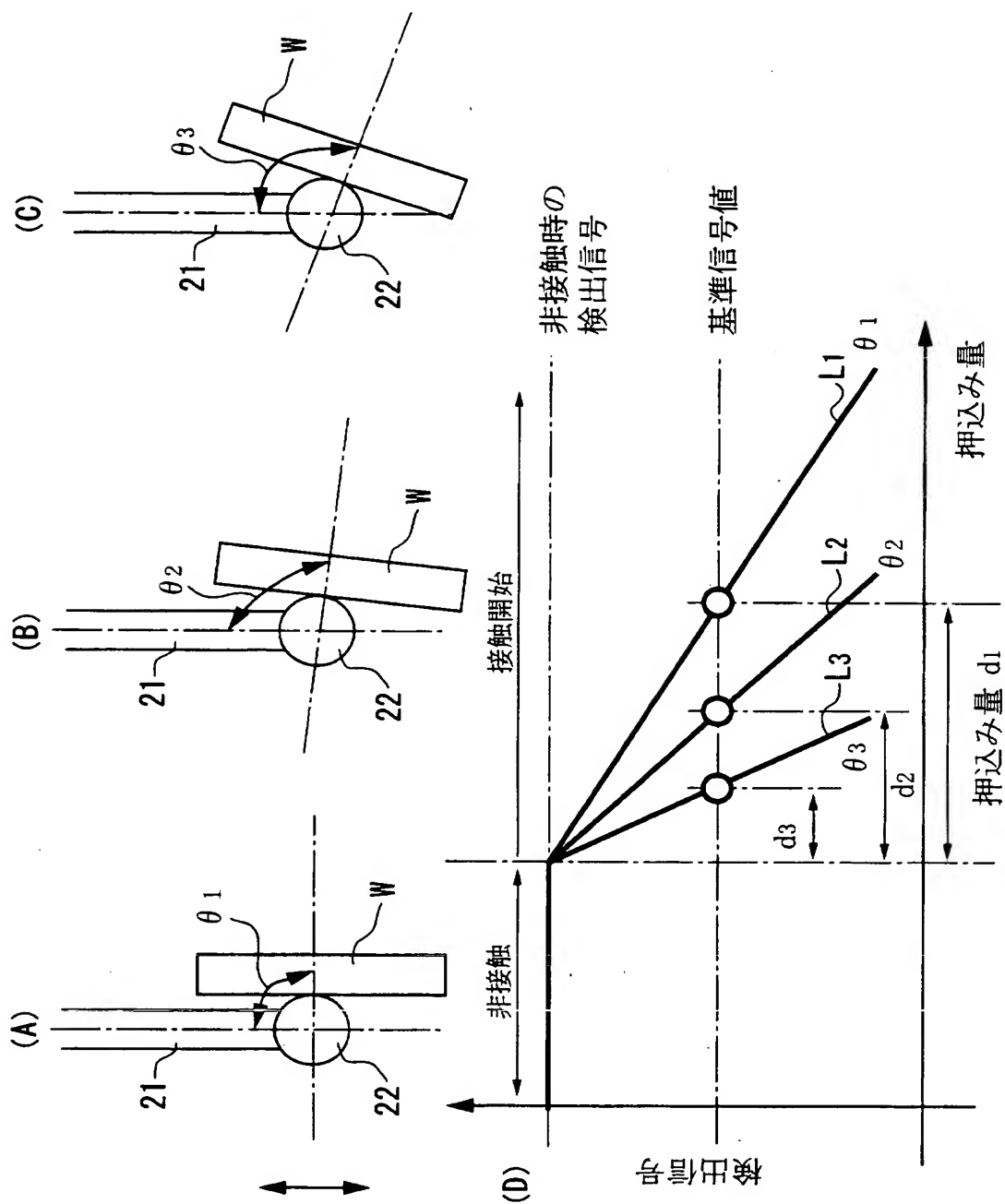


【図 3】

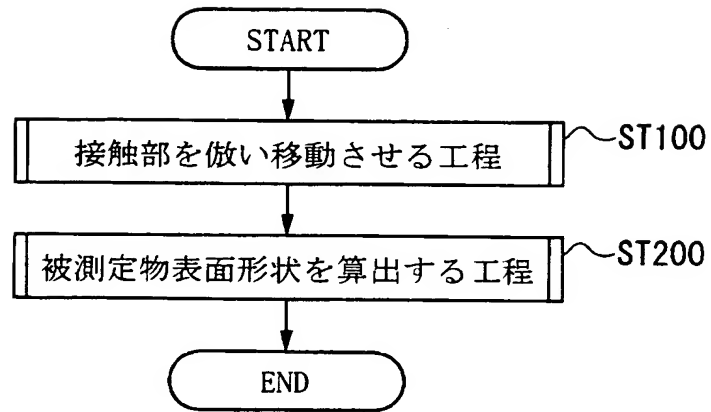
- - - ➔ 走査移動ベクトル  
 ——— ➔ 形状ベクトル



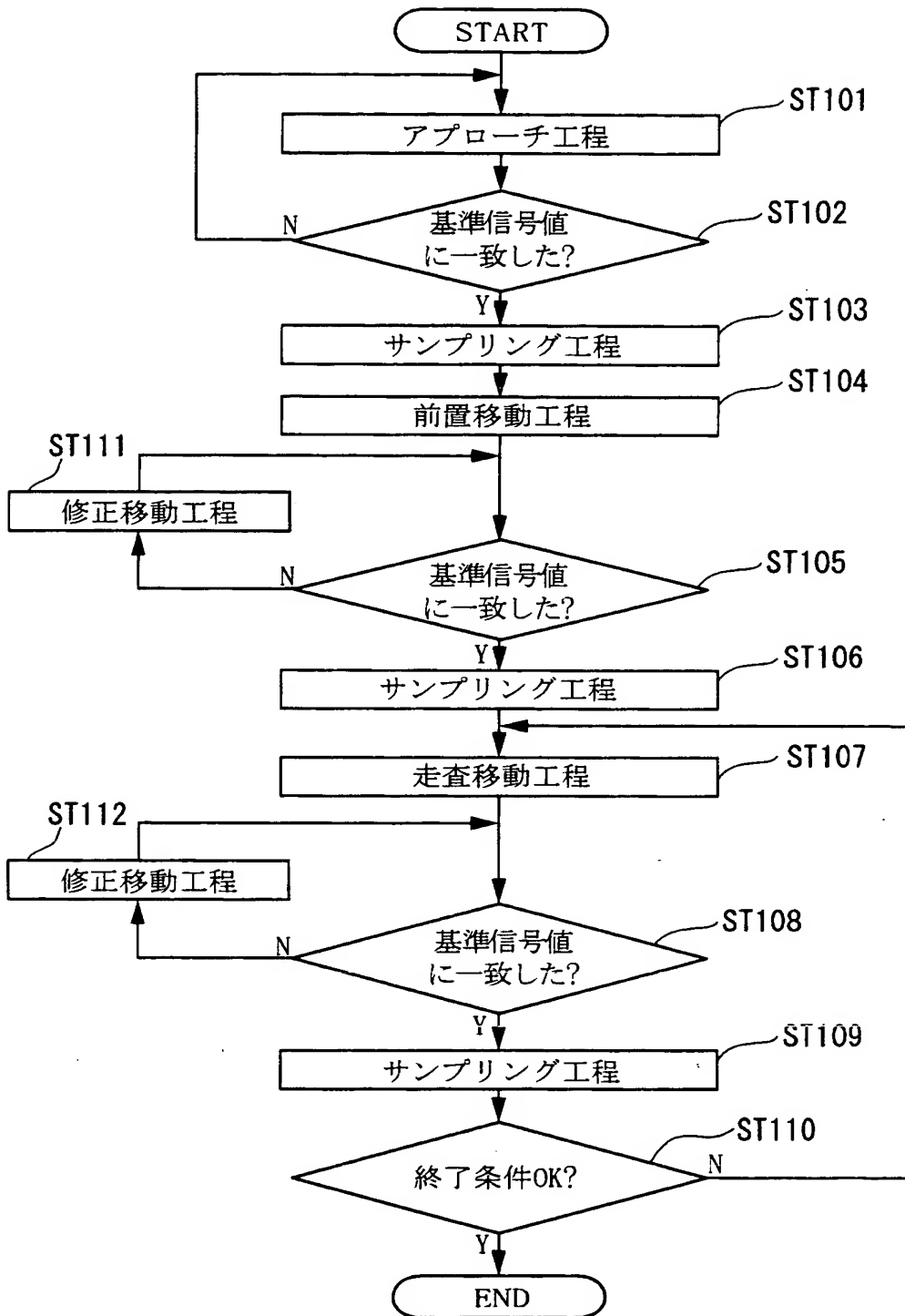
【図 4】



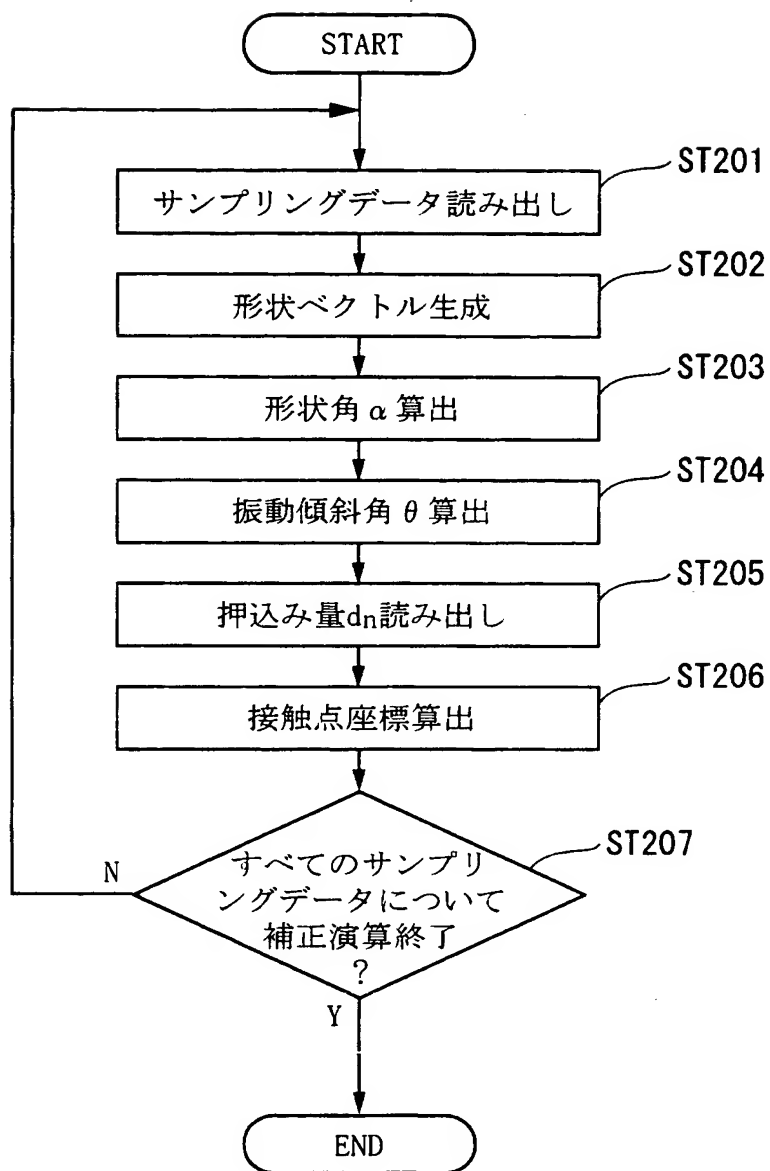
【図 5】



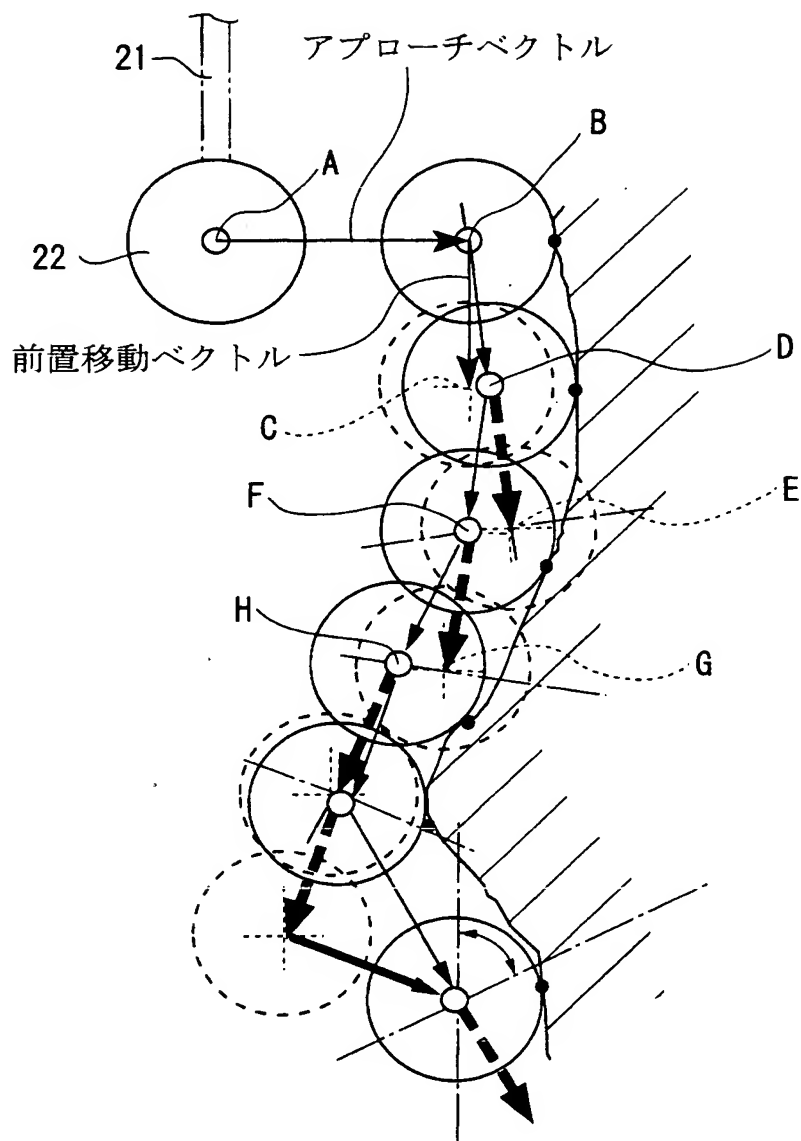
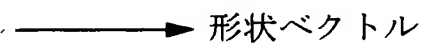
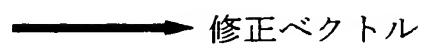
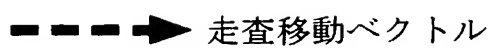
【図 6】



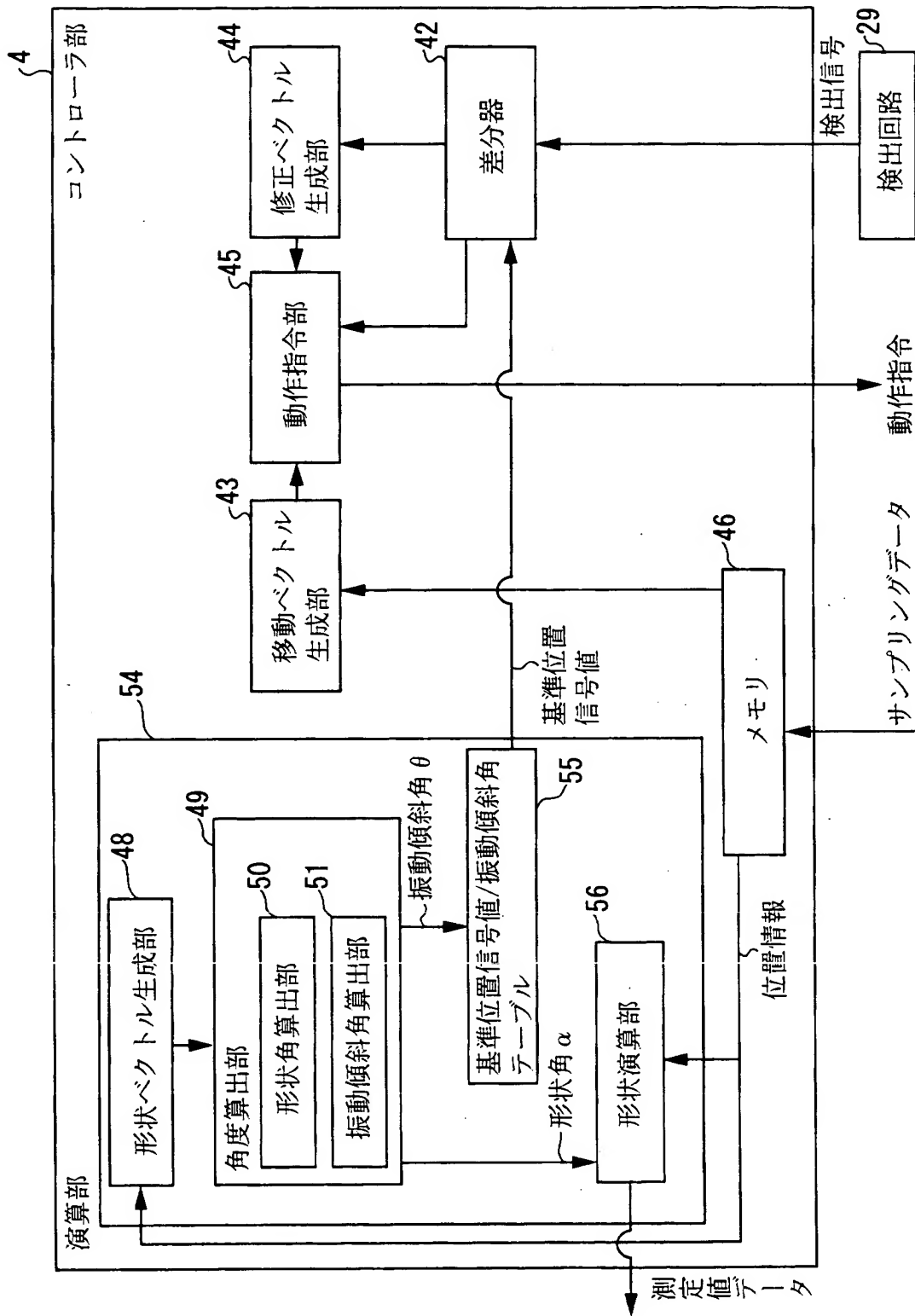
【図 7】



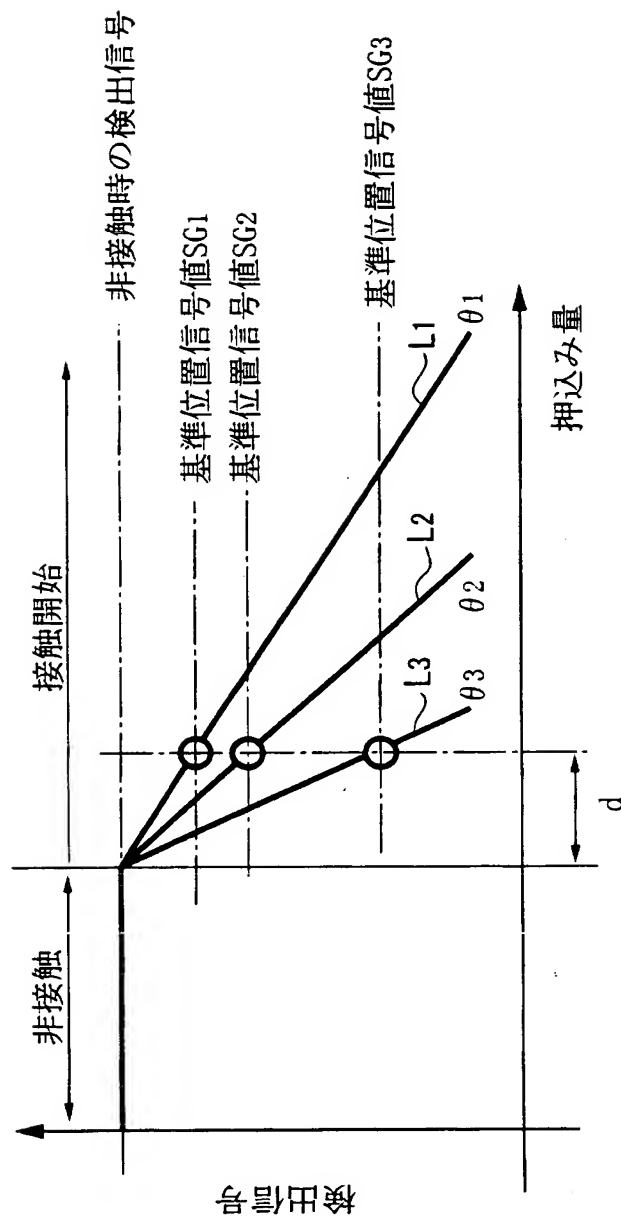
【圖 8】



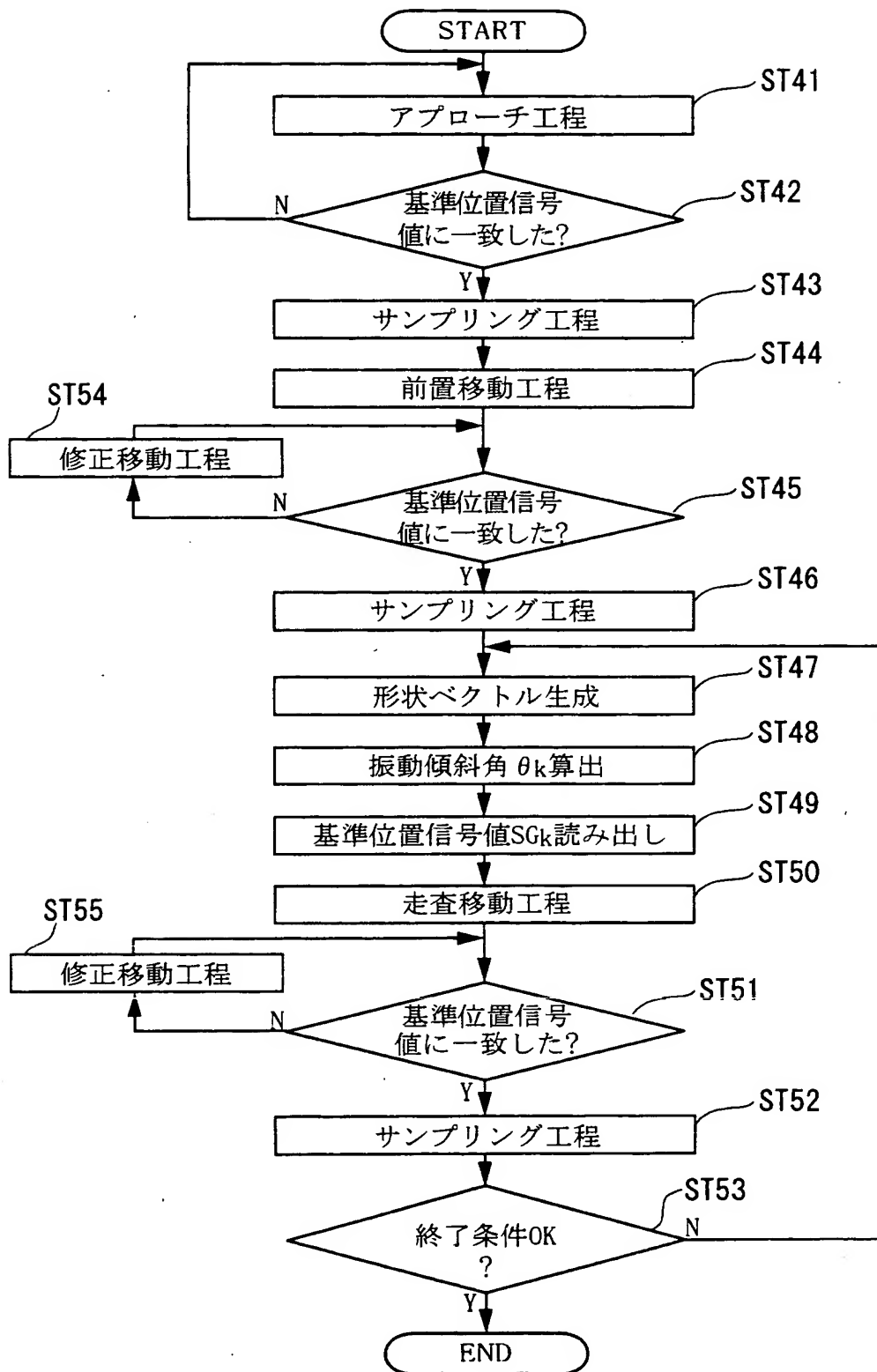
【図9】



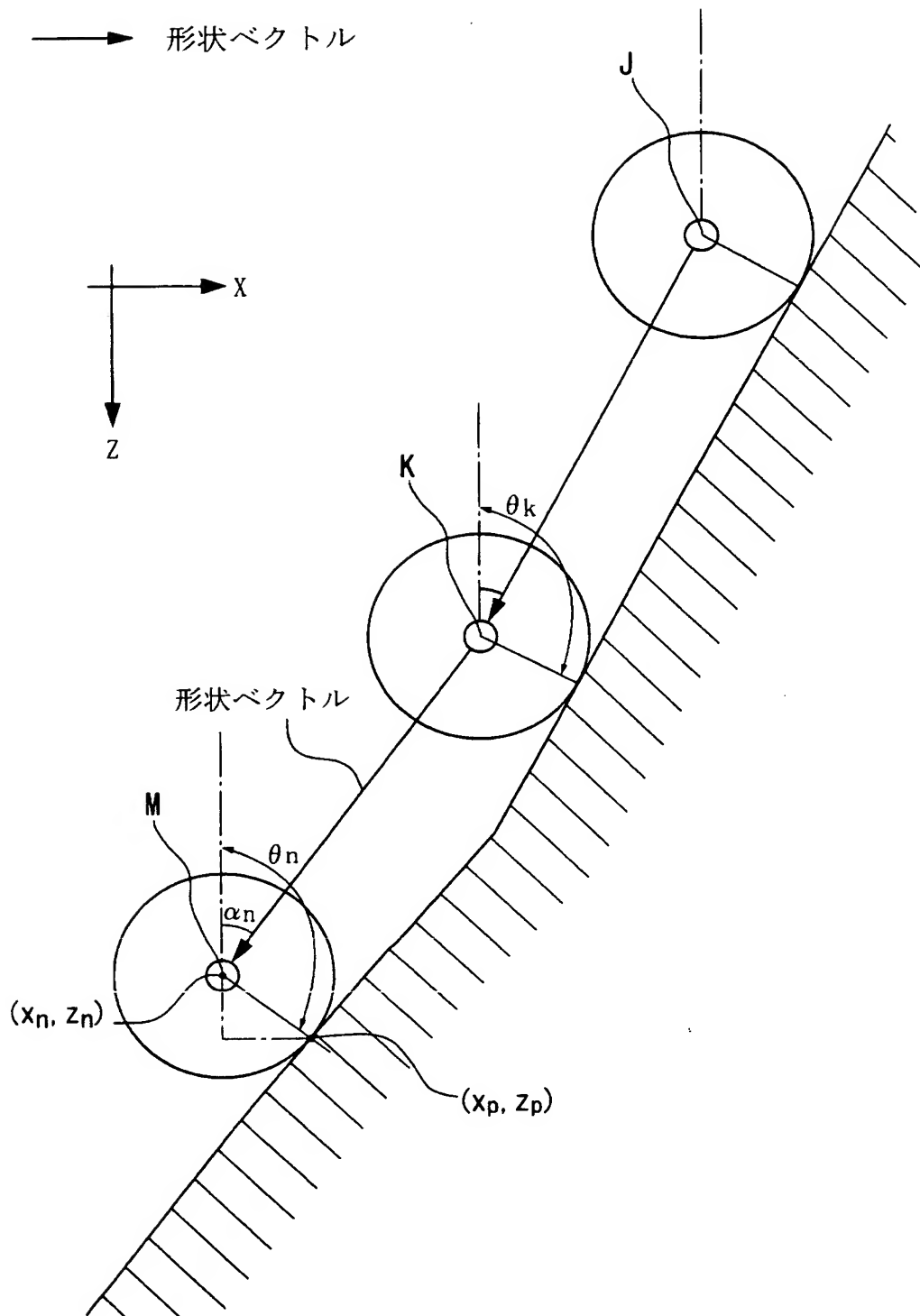
【図 1 0】



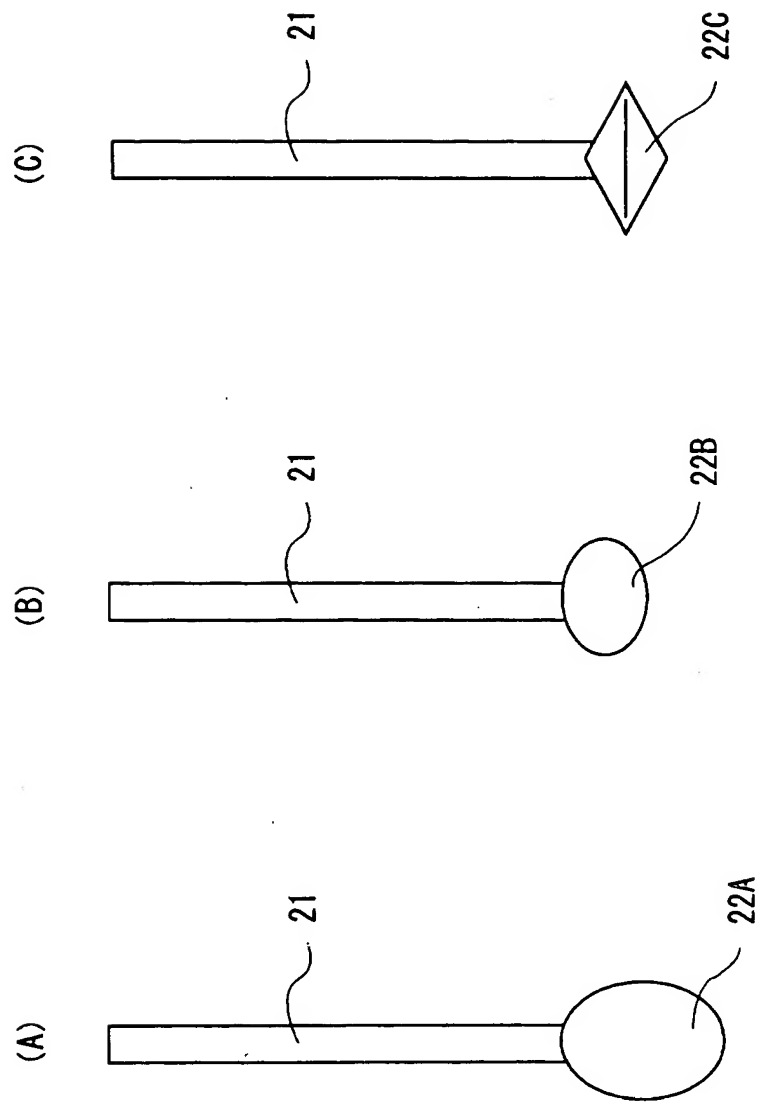
【図 1 1】



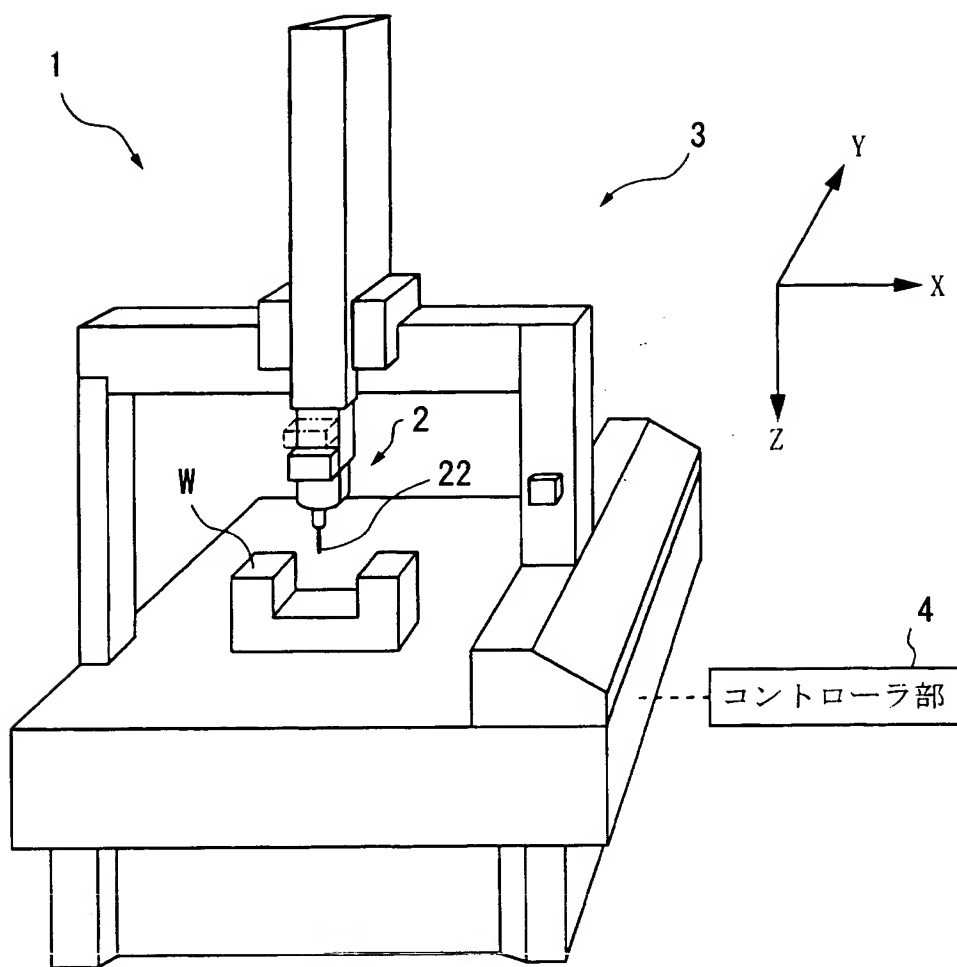
【図 1 2】



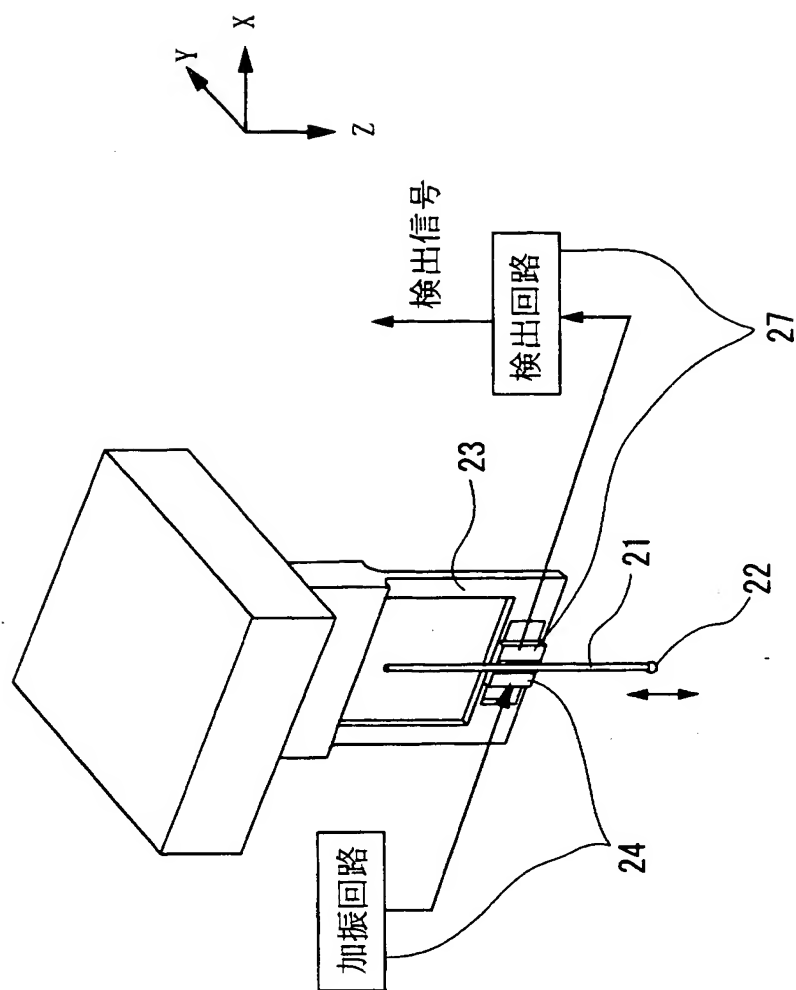
【図 1 3】



【図 14】

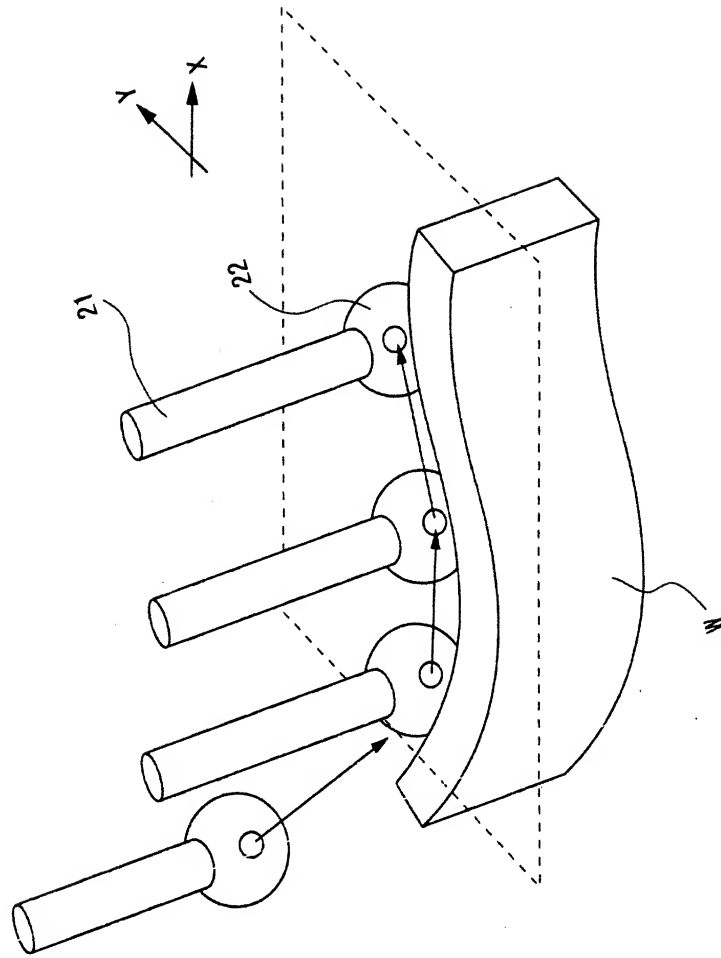


【図15】

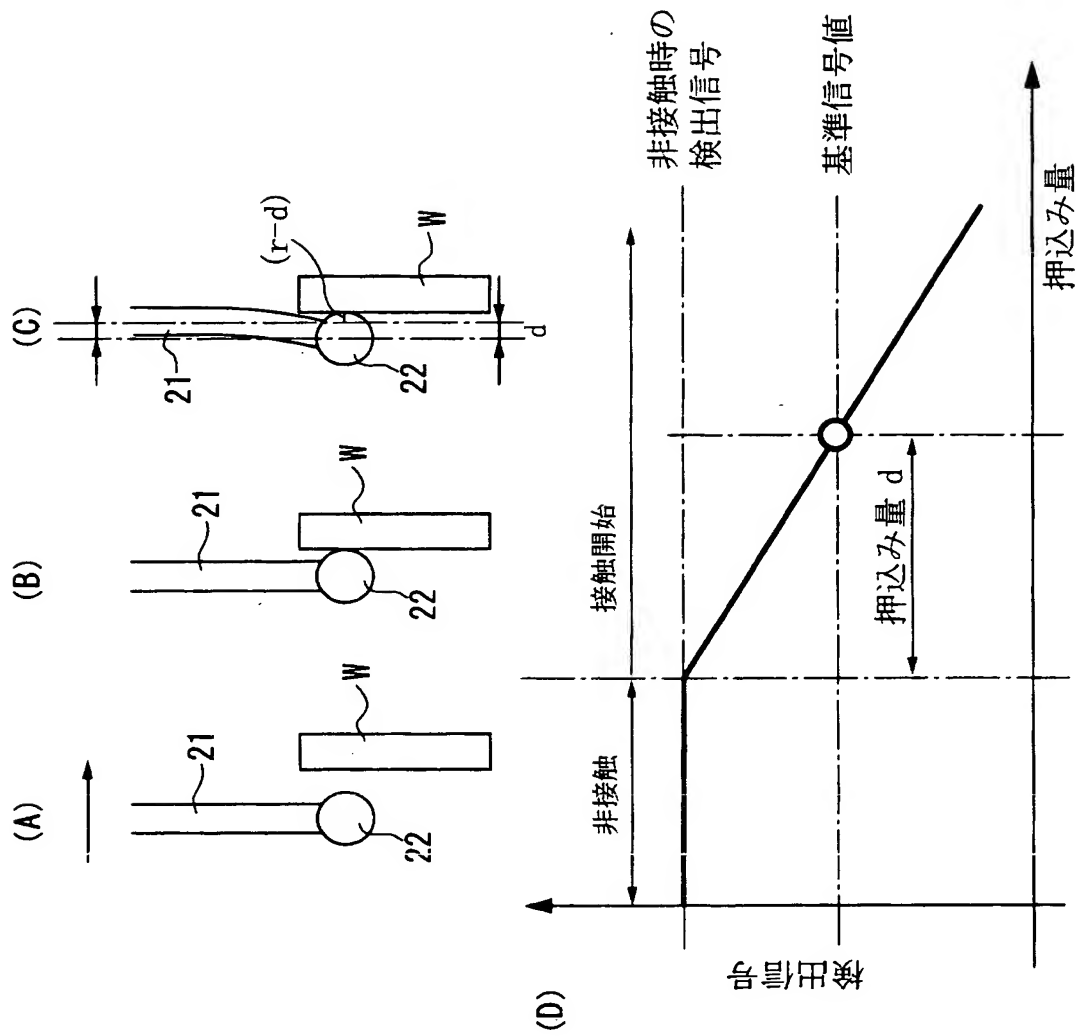


特2002-200150

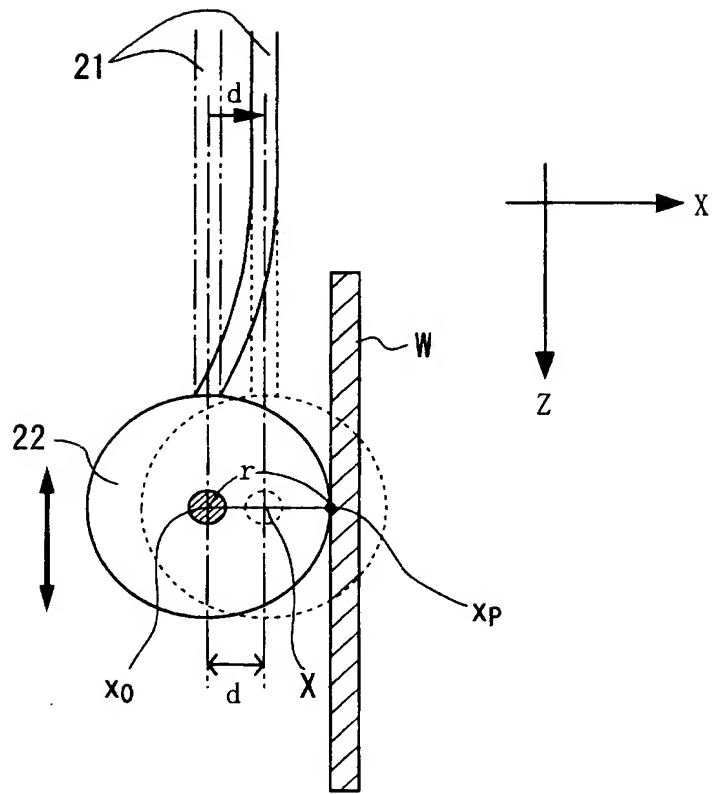
【図16】



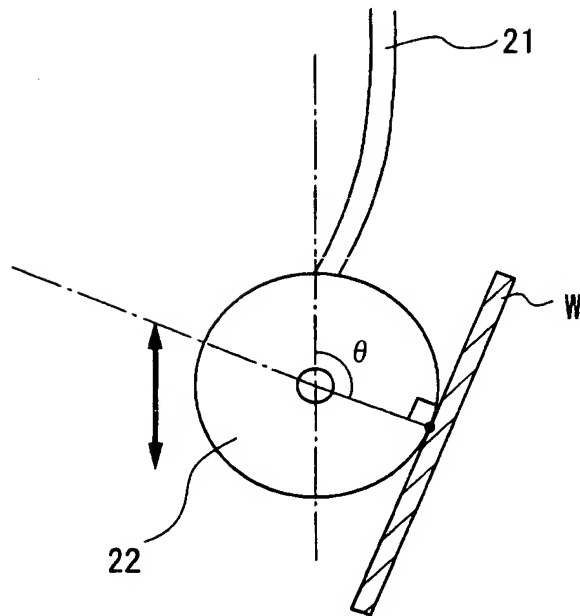
【図 17】



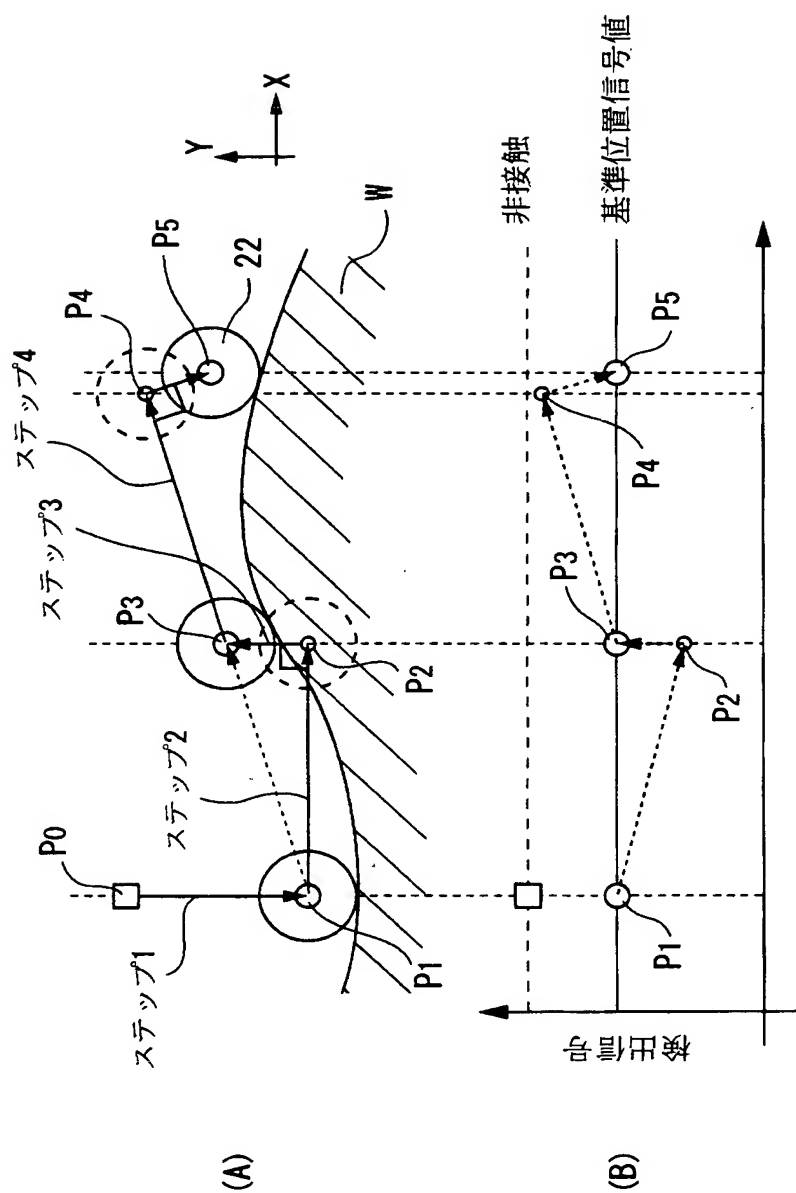
【図 18】



【図 19】



【図 20】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 被測定物表面形状を正確に測定することができる表面形状測定装置および表面形状測定方法を提供する。

【解決手段】 被測定物表面に接触する接触部を先端に有するスタイラスおよび被測定物表面と接触部間の接触状態に依存して応答変化する検出信号を出力する検出手段を有するプローブを用いて被測定物表面形状を測定する表面形状測定装置において、接触部を被測定物表面に沿って相対移動させる倣い移動手段と、検出信号が予め設定された基準信号値に達した際の接触部の位置情報を記憶するメモリ 4 6 と、検出信号が基準信号値に達した際に、被測定物表面から検出信号に応答変化を与える応答変化要因（振動傾斜角  $\theta$ ）を算出する振動傾斜角算出部 5 1 と、応答変化要因を用いて位置情報を被測定物表面の実形状に補正演算する形状演算部 5 3 とを備える。

【選択図】 図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000137694]

1. 変更年月日 1996年 2月14日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目20番1号  
氏 名 株式会社ミットヨ